48/85

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

DEPARTEMENT : GENIE-CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE D'UN LABORATOIRE UNIVERSITAIRE R+3

Proposé par : B.E.H.A

Etudié par :
BADAOUI - Djaafar
BOUHARAOUA - M^ed

Dirigé par : M^r. ABED-A

PROMOTION : JUIN 1985

E.N.P. 10, Avenue Hacen Badi – EL-HARRACH – ALGER

بسم الله الرحمن الرحيم

DEDICACES

Je dédie Ce modeste travail

A mes parents pour Leurs sacrifices.

A mes fréres et Soeurs en leur Souhaitant tout le bonheur.

A tous mes oncles et tantes.

A tous mes amis(es) qui me sont trés chérs

BADAOUI Djaafer

Je dédie ce modeste travail

A ma trés chére mére.

A mon pére.

A mes fréres.

A mes Soeurs.

A tous ceux qui me sont chérs(es)

BOUHARAOUA Mohammed

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Vivement notre promoteur Mr. ABED pour son aide et ses conseils.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à Mr. BELAZOUGUI pour ses fructueux conseils.

Nos remerciements á tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Nos vifs remerciements à nos chérs(es) amis(ies) qui ont contribués(ées) de trés prés á l'elaboration de ce projet :

EL MEDJADJI. K -
CHENNIT. M -
OUTEMZABET. F -
TAHMI. R -
RIKOUR. M
FADEL. S -

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION :

- Présentation de l'ouvrage.
- Caractéristiques des Materiaux.
- Charges et Surcharges.
- Prédimensionnement des éléments.

II- CALCUL DES ELEMENTS :

- Calcul des poutrelles.
- Calcul des dalles.
- Calcul des escaliers.

III- CALCUL DES EFFORTS Sous les Charges VERTICALES :

- Exposé de la Méthode de Caquot.
- Calcul des efforts dans les portiques.

IV- ETUDE AU SEISME :

- Exposé de la Méthode d' "HOLZER transformée".
- Determination des caractéristiques propres de Vibration.
  - évaluation des Masses.
  - Calcul des Rigidités de Niveaux.
  - Calcul des périodes de vibration.
  - Calcul du Centre de Torsion et centre de masse.
  - Calcul des excentricités.
- Evaluation des forces sismiques.
- Distribution des éfforts sismiques sur les portiques.

V- CALCUL DES EFFORTS SOUS LES CHARGES HORIZONTALES :

- Calcul des Rigidités par la Méthode de Muto.
- Calcul des efforts dans les portiques.

VI- SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS :

- Méthode.
- Combinaisons.

VII – FERRAILLAGE DES PORTIQUES :

- Ferraillage des poutres
  - . prescription et Méthode de Calcul.
  - . Ferraillage
- Ferraillage des poteaux.
  - . Prescription et Méthode de Calcul.
  - . Ferraillage.

VIII – FONDATIONS :

- Calcul des semelles.
- Calcul du Voile périphérique.
- Calcul des Longrines.

IX – STRUCTURE EN VOILES :

- Calcul des Inerties des refends.
- Calcul des Centres de masse et de torsion.
- Calcul des excentricités.

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Le projet qui nous a été proposé par le BETHA (ALGER), consiste à l'étude et au calcul des éléments résistants d'un Laboratoire universitaire (structure autostable); Le laboratoire en question comprend 3 blocs séparés par 2 joints de dilatation, et chaque bloc comporte 4 niveaux :

- plancher terrasse.
- troisième etage (local des Machines)
- deuxième et premier étage (salle de Labo) de même pour le R.D.C.
- Vide sanitaire.

Ce laboratoire a été réalisé à TIZI OUZOU, zone II (moyenne sismicité)

Dimension du bloc :

- Longueur : 22,365 m
- Largeur : 17,80 m } entre axes des poteaux
- hauteur :

Ossature :

Notre bloc est contreventé par des portiques autostables: Ils sont de six dans le sens transversal et quatre suivant le sens longitudinal.

Planchers:

Tous les planchers sont à corps creux sauf au niveau R.D.C, qui est constitué en dalle pleine.

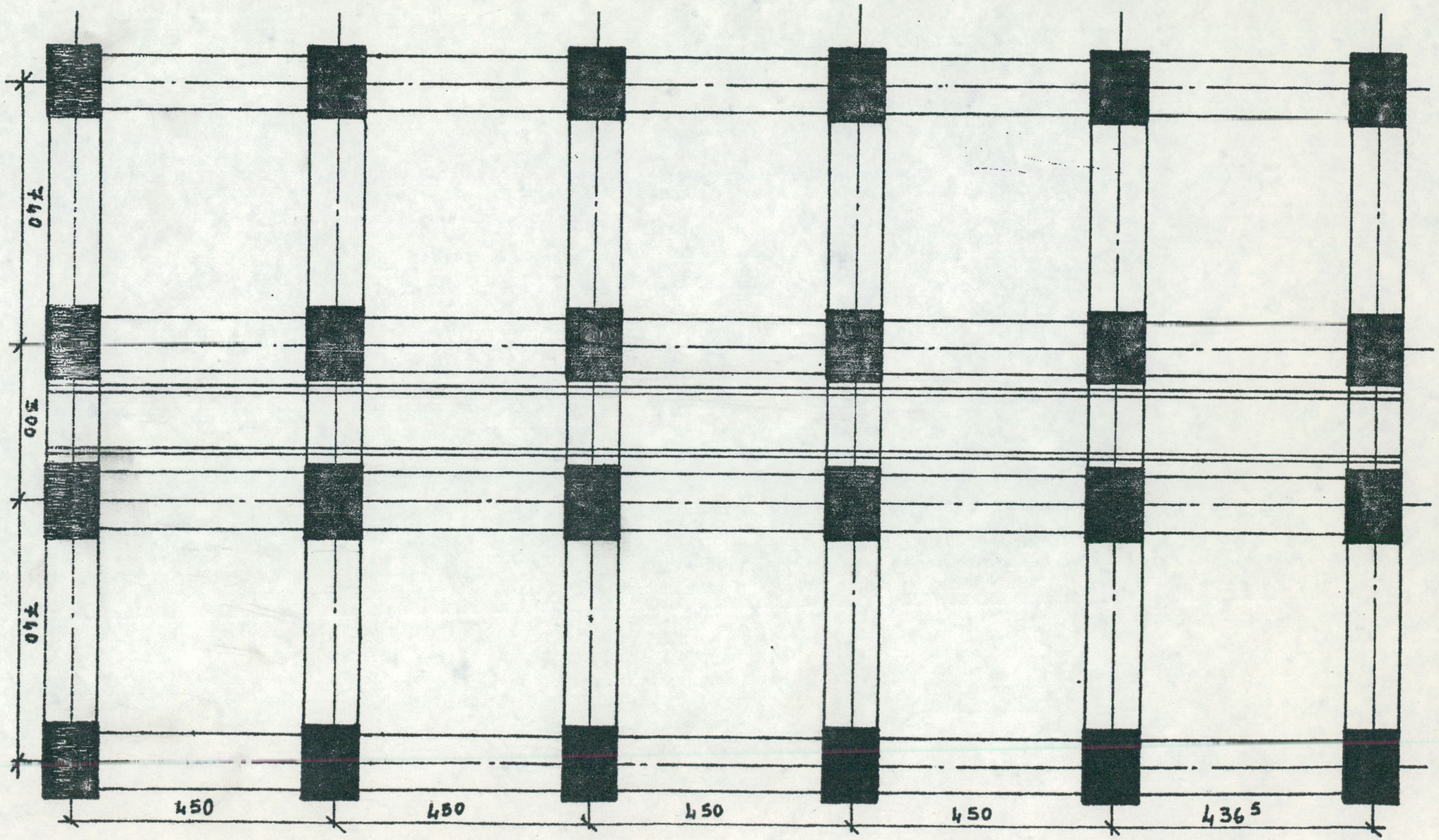
ESCALIERS:

Tout le batiment sera muni d'une seule cage d'escaliers interieurs au bloc. Il commence du niveau R.D.C et s'arrêtent au troisième etage. Présence de grandes portes exterieures qui permettent au CLARCK de déposer directement les differentes machines dans les salles de labo situées au 1er, 2e et R.D.C et essentiel les les salles importantes (Résistance des Materiaux, electrotechnique, etc,...)

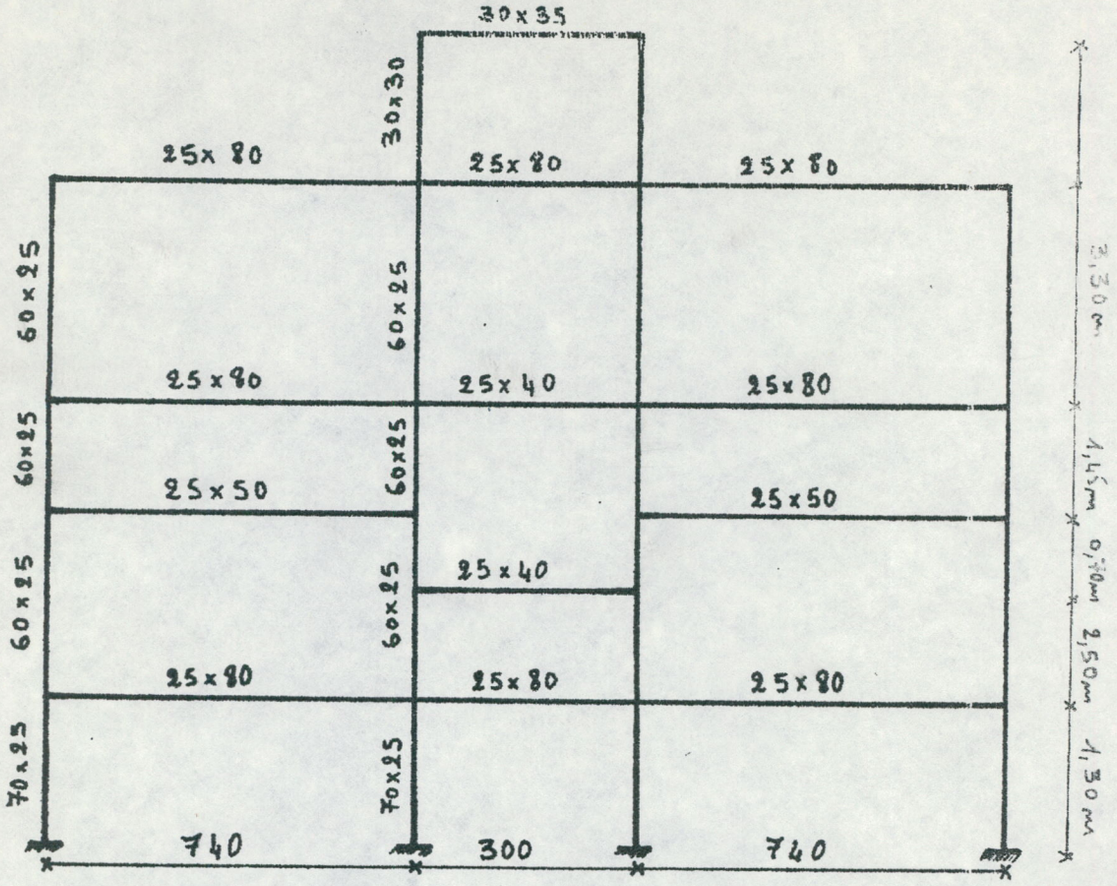
Maçonnerie :

- Murs interieurs (cloisons de séparation): briques creuses de 10cm.
- Murs exterieurs : briques creuses de 20cm
- Sens Longitudinal : Vitres.

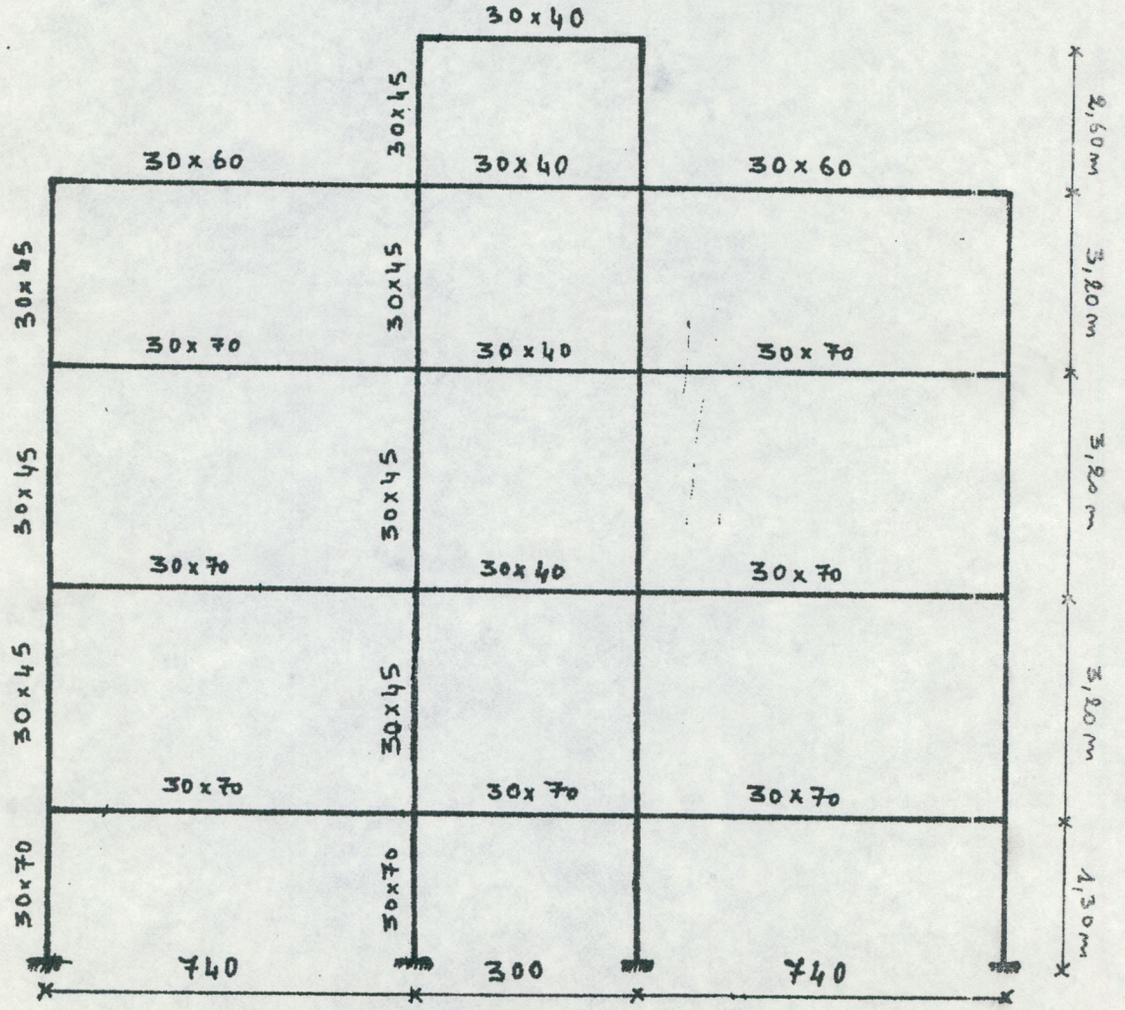
VUE en PLAN du BLOC ETUDIE niveau courant



PORTIQUE TRANS 1ère VARIANTE



CHANGEMENT de structure 2ème VARIANTE



MATÉRIAUX UTILISÉS

CONTRAINTES ADMISSIBLES

Béton : Le ciment utilisé CPA325

Les caractéristiques mécaniques du beton seront definies par :

- La résistance nominale de compression à l'âge de 28 jours : $\sigma_n = \sigma'_{28} = 270$ bars = $= 275{,}4$ kg/cm^2
- La résistance nominale de traction à l'âge de 28 jours :

$$\sigma_n = \sigma_{28} = 23{,}2 \text{ bars} = 23{,}6 \text{ kg/cm}^2$$

① Valeurs des contraintes admissibles

* Compression Simple : - Sollicitation du 1er Genre : $\bar{\sigma}'_{b0} = \beta'_b \sigma'_{28} = 82{,}6$ kg/cm^2
  - Sollicitation du 2ème Genre : $\bar{\sigma}'_{b0} = 1{,}5\, \bar{\sigma}'_{b0} = 123{,}9$ kg/cm^2

* Flexions simple et composée

1er Genre : $\bar{\sigma}'_b = 165{,}24 \cdot \varepsilon$ kg/cm^2
2ème Genre : $\bar{\sigma}'_b = 247{,}86 \cdot \varepsilon$ kg/cm^2

$\varepsilon = 1$ (flexion simple)

* Fraction

1er Genre : $\bar{\sigma}_b = 7{,}1$ kg/cm^2
2ème Genre : $\bar{\sigma}_b = 1{,}5\, \bar{\sigma}_b = 10{,}65$ kg/cm^2

② Modules de déformations :

$E_i = 3{,}52 \times 10^5$ kg/cm^2 ; $E_v = 1{,}173 \cdot 10^5$ kg/cm^2.

Aciers :

Aciers à haute adhérence (HA) Nuance Fe40 $\begin{cases} \phi \leq 20 & \bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi > 20 & \bar{\sigma}_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$

Aciers doux (dx) ou lisses - Nuance FeE24 : $\bar{\sigma}_{en} = 2400$ kg/cm^2.

PREDIMESIONNEMENT
Des ELEMENTS

1- CHARGES ET SURCHARGES:

a- Plancher terrasse au dessus du Labo : niv 4

G= 415 kg/m² ; P= 100 kg/m²

b- Plancher terrasse : niv 3

G= 615 kg/m² ; P= 100 kg/m²

c- Plancher du "Couloir" : niv 3

G= 395 kg/m² ; P= 250 kg/m²

d- Plancher des Salles de labo : niv 2 et 1

G= 538 kg/m² ; P= 250 kg/m²

e- Plancher du "Couloir" : niv 2 et 1

G= 538 kg/m² ; P= 400 kg/m²

f- Plancher R.D.C : niv 0 (dalle Pleine)

G= 720 kg/m² ; P= 1500 kg/m²

Nota : On admet qu'aux niveaux R.D.C et Salle de labo peut circuler qu'un seul chariot dont les caractéristiques sont les suivantes:

Clarck de (1,20 m x 1,30 m) dont le poids propre est de 920 kg et peut supporter une charge maximale de 1500 kg.

Prédimensionnement des Poutres : art. 4.2.1.2 .RPA 83

$L/15 \leq h_t \leq L/10$ avec $b \geq 20cm$ et $h \geq 30cm$ (zone II)
$0,3\ h_t \leq b \leq 0,7\ h_t$

Prédimensionnement des Poteaux :

Par la Methode de descente de charges, tout en Vérifiant les condition du R.P.A 83. art 4.2.1.1.

CALCUL et FERRAILLAGE des PLANCHERS

Constitution :

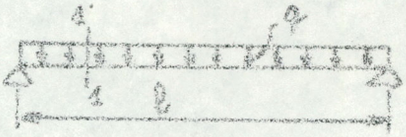
Tous les planchers sont à corps creux excepté le plancher du RDC qui sont constitués de poutrelles préfabriquées associés aux corps creux (16+4) et (20+5) cm ; 4 et 5 cm représentant la table de compression

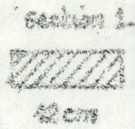
Les poutrelles possèdent des cornadures en attente permettant une bonne liaison avec le béton de la table de compression

Les poutrelles sont calculées sous les sollicitations du 1er genre (G+1,2P) ; le calcul se fait en deux (02) étapes :

1ère Etape : Avant le coulage du béton ; la poutrelle est considéré comme simplement appuyé, elle supporte son poids propre ; l'hourdis et la surcharge de l'ouvrier qui pose l'hourdis.

Schéma statique :





En général, on prévoit des echafaudages pour aider la poutrelles à supporter les charges et les surcharges avant le coulage de la table de compression.

2ème Etape : La poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue. Elle sera calculé comme une section en Té [T] en travée et comme une section rectangulaire en appuis.

Pour le ferraillage on utilise la méthode de Mr PIERRE CHARRON.

Niveau	Section en	μ	K	ε	α	M^0 [t.m]	A calculé [cm^2]	A adoptée [cm^2]	ϕ
④	Travée	0,0162	75,75	0,9837	0,159	0,636	1,3373	1,57	2T10
	Appuis	0,0542	36,94	0,9723	0,2510	0,393	0,8637	1,13	1T12
③ Au dessus du Labo	Travée	0,0232	61,6667	0,9884	0,1957	0,8137	1,8545	2,26	2T12
	Appuis	0,0137	84,00	0,9879	0,1565	0,5383	1,1288	1,13	1T12
③ Au dessus du Labo	Travée	0,021	63,6667	0,9868	0,1907	0,8262	1,7498	2,26	2T12
	Appuis	0,0145	84,00	0,9913	0,3261	0,5100	1,1353	1,13	1T12
②	Travée	0,0155	75,75	0,9950	0,1653	0,3962	1,637	2,26	2T12
	Appuis	0,0463	37,40	0,9946	0,2543	0,6149	1,0356	1,13	1T12
①	Travée	0,0198	67,67	0,9895	0,1814	1,2401	2,00	2,26	2T12
	Appuis	0,063	53,20	0,9868	0,3412	0,7470	1,2941	1,57	2T10

* Planchers du RDC :

Il est constitué d'une dalle pleine d'épaisseur 20cm ; la dalle sera isolée par rapport aux voiles avec une continuité aux appuis intermédiaires et un semi-encastrement aux appuis de rive.

On a deux (02) types de panneaux ; on les fera tous les cas le plus défavorable donné pour l'une des surcharges considérés. Pour le calcul des efforts agissants sur la poutrelle [voir CCBA 68 Art 55]

1er cas : Surcharge uniformément répartie $P = 150 kg/m^2$ et $G = 720 kg/m^2$

* Panneau 1.

$\begin{cases} l_x = 4,20\,m \\ l_y = 6,75\,m \end{cases}$ $\quad \rho = \dfrac{l_x}{l_y} = 0,622$ abaque de Pigeaud $\begin{cases} \mu_x = 0,0816 \\ \mu_y = 0,1466 \end{cases}$

- et cela après interpolation -

- Calculations : $q = G + 1,2P = 0,72 + 1,2 \times 1,5 = 2,52\ t/m^2$.

d'où $\begin{cases} M_{ox} = \mu_x \cdot q\, l_x^2 = 3,6273\ t.m \\ M_{oy} = \mu_y M_x = 1,6903\ t.m \end{cases}$

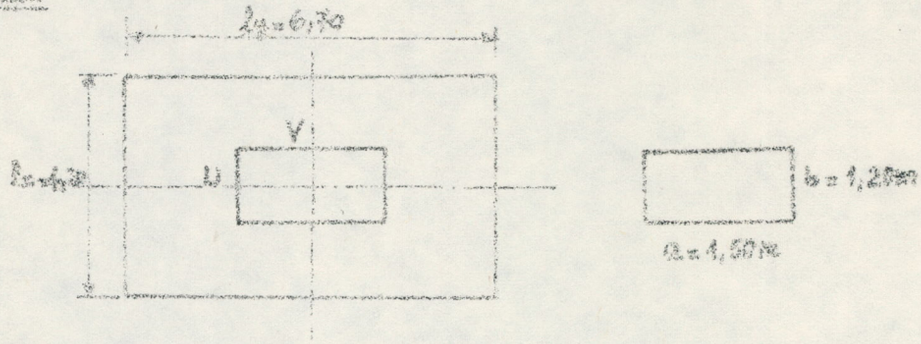
De même pour le 2ème panneau ; $l_x = 1,85\,m$; $l_y = 4,20\,m$.

on trouve $\mu_x = 0,1682$ et $\mu_y = 0,2782$

d'où $M_{ox} = 0,80732$ tm et $M_{oy} = 0,25242$ tm.

2ème lab : Surcharge mobile $P = 3,2$ t : elle nous donne un moment maximum par le plaçant au milieu du panneau.

1er Panneau



$h_t = 20$cm ; $e_0 = 10$cm

$$\begin{cases} U = b + 2e_0 + h_t = 1,60\text{ m} \\ V = a + 2e_0 + h_t = 1,80\text{ m} \end{cases} \qquad \rho = \frac{l_x}{l_y} = 0,627 \longrightarrow \begin{cases} \frac{U}{l_x} = \frac{1,60}{4,20} = 0,381 \\ \frac{V}{l_y} = \frac{1,80}{6,30} = 0,284 \end{cases}$$

⇒ Abaque de Pigeaud après interpolation on a :

$M_1 = 0,145$; $M_2 = 0,086$

d'où $\begin{cases} M_{ox} = P(M_1 + 0,15 M_2) = 0,5053\text{ tm} \\ M_{oy} = P(M_2 + 0,15 M_1) = 0,3448\text{ tm} \end{cases}$

2ème Panneau : Même cheminement de calcul $M_1 = 0,078$; $M_2 = 0,0255$

d'où $M_{ox} = P(M_1 + 0,15 M_2) = 0,2932$ tm

$M_{oy} = P(M_2 + 0,15 M_1) = 0,1237$ tm

Conclusion : La charge uniformément répartie nous donne le cas le plus défavorable.

* Vérifications :

a) Vérifications des contraintes et déformations [Voir Tableau page suivant] . Pour les autres vérifications voir annexe -

* Ferraillage de la table de compression [CCBA 68 . Art 58-2]

a) Armatures // aux nervures

$$A_{//} \geq \frac{60\, l_x \cdot 2160}{f_{en}(\text{MPa})} = \frac{432 \cdot l_x}{fn} \approx 0,578\ \text{cm}^2/\text{ml}$$

Niveau	Section	M^{to} [tm]	$A_{adoptée}$	ω	μ'	K	σ_b'	σ_a	ω_f	Γ_1 / Γ_2
④	T	0,636	1,57	0,1342	0,0852	67,703	35,446	2399,84	0,0048	1405,96 / 3132,90
	A	0,393	1,13	0,5231	0,1451	31,051	69,681	2166,72	0,0181	3066,49 / 2859,93
③	T	0,8737	2,26	0,1932	0,0991	55,306	41,849	2314,53	0,0067	1453,46 / 2859,93
	A	0,5393	1,57	0,7269	0,1624	25,483	85,429	2176,97	0,0262	4977,54 / 3132,90
② et ①	T	1,210	2,26	0,1512	0,0897	63,305	39,233	2483,62	0,0067	1453,47 / 2859,93
	A	0,747	1,57	0,5688	0,1494	29,572	78,773	2329,48	0,0261	4977,54 / 3132,90

T : travée A : Appuis.

Suite du ferraillage d'où :

on adopte $A_{\perp N} = 1,41\ cm^2/ml = 5\phi 6\ /ml$.

b] Armatures // aux nervures :

$$A_{//N} \geq \frac{A_{\perp N}/ml}{2} = \frac{1,41}{2} = 0,705\ cm^2/ml$$

On adopte $A_{//m} = 1,41\ cm^2/ml = 5\phi 6\ /ml$.

D'où on adopte un treillis soudé $\phi 6$ maillé 20×20

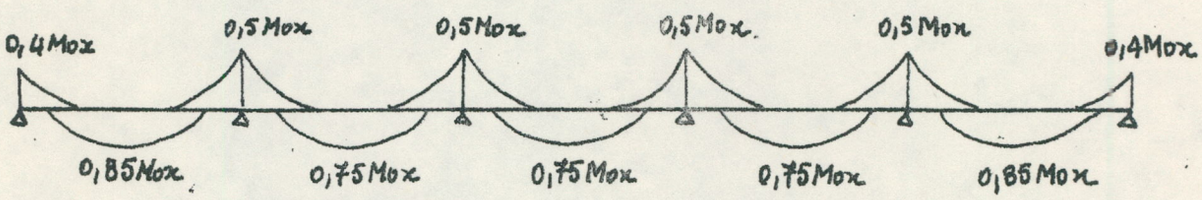
* Ferraillage de la dalle pleine :

Les Moments sont choisis d'après l'inégalité suivante [CCBA 68 Art 57_2]

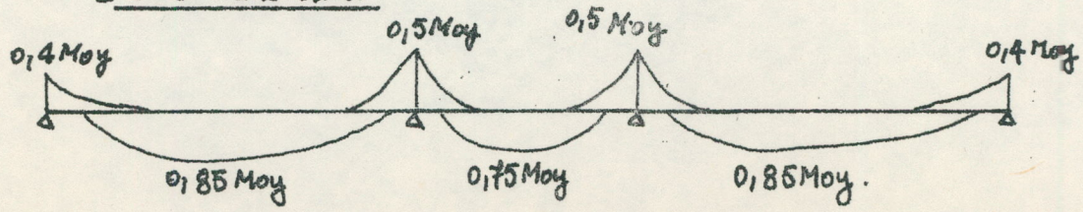
$$M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq 1,25\ M_0$$

avec $\begin{cases} M_x\ 0,75 \leq M_t \leq M_0 \\ 0,4\ M_0 \leq (M_w, M_e) \leq M_0 \end{cases}$

_ Sens longitudinal :



_ Sens transversal



On ferraille chaque panneau seul.

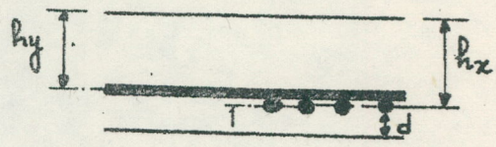
a°] Détermination des armatures :

$$\Phi_{utilisé} \leq \frac{h_e}{10} = \frac{200}{10} = 20 \text{ mm}$$

enrobage : on prend $d = 2\text{cm}$.

b°] hauteurs utiles :

$$\begin{cases} h_x = h_0 - d - \frac{\Phi}{2} = 20 - 2 - \frac{2}{2} = 17\text{cm} \\ h_y = h_x - \Phi = 17 - 2 = 15\text{cm}. \end{cases}$$



1ᵉ Panneau	M^{ts} tm/ml	μ	ε	k	σ'_b	A calculée cm^2/ml	A adoptée cm^2/ml	n Φ/ml
Mtx	3,0832	0,0572	0,9005	35,260	79,41	7,19	10,77	7T14
Mty	1,43676	0,0342	0,9207	48,03	58,29	3,72	4,52	4T12
Mapp	1,81365	0,0336	0,9212	48,481	57,76	4,14	4,52	4T12

2ᵉ Panneau	M^{ts} tm/ml	μ	ε	k	σ'_b	A calculée cm^2/ml	A adoptée cm^2/ml	n Φ/ml
Mtx	0,77122	0,0143	0,9468	79	35,44	1,71	3,92	5T10
Mty	0,18932	0,0045	0,9693	148	18,92	0,47	3,92	5T10
Mapp	0,45366	0,0084	0,9587	106	26,42	0,99	3,92	5T10

Vérifications des contraintes et de la fissuration

1ᵉ Panneau	M^{ts} tm/ml	Aadoptée cm^2/ml	$\bar{\omega}$	μ'	k	σ'_b	σ_a	ω_f	σ_1 / σ_2
Mtx	3,0832	7,96	0,4682	0,1393	33,223	76,56	2543,7	0,0153	2655,1 / 2859,9
Mty	1,43676	4,52	0,3013	0,1182	42,97	54,04	2321,9	0,0087	1599,4 / 2859,9
Mapp	1,81365	4,52	0,2659	0,1126	46,11	55,72	2569,2	0,0087	1599,4 / 2859,9

2ᵉ Panneau	M^{ts} tm/ml	A adoptée cm^2/ml	$\bar{\omega}$	μ'	k	σ'_b	σ_a	ω_f	σ_1 / σ_2
Mtx	0,77122	3,92	0,2306	0,1064	50,05	25,08	1255,1	0,0078	1744,8 / 3132,9
Mty	0,18932	3,92	0,2613	0,1119	46,57	7,52	350,3	0,0078	1744,8 / 3132,9
Mapp	0,45366	3,92	0,2306	0,1064	50,05	14,75	738,3	0,0078	1744,8 / 3132,9

Pour les autres vérifications voir Annexe Page:

Calcul des efforts tranchants

$$T_x = q\frac{l_x}{2} \cdot \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} \quad ; \quad T_y = q\frac{l_y}{2} \cdot \frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$$

1er Panneau : $q = 2{,}435$ t/mL ; $l_x = 4{,}20$ m , $l_y = 6{,}70$ m

d'où $T_x = 4{,}539$ t ; $T_y = 1{,}118$ t

2e Panneau : on trouve $T_x = 2{,}22$ t ; $T_y = 0{,}19$ t

* Vérification à l'effort tranchant :

$$\tau_{bx} = \frac{T_x}{b_0 \cdot z} \quad \text{où} \quad z = \frac{7}{8} h_x$$

$\tau_{bx} = 3{,}93$ kg/cm² $< 1{,}15\,\bar{\sigma}_b = 8{,}16$ kg/cm²

$\tau_{by} = \frac{T_y}{b_0 \cdot z} = 1{,}101$ kg/cm² $< 8{,}16$ kg/cm²

Conclusion : $\tau_b < \bar{\tau}_b$ alors les armatures transversales non nécessaires

* Vérification aux appuis

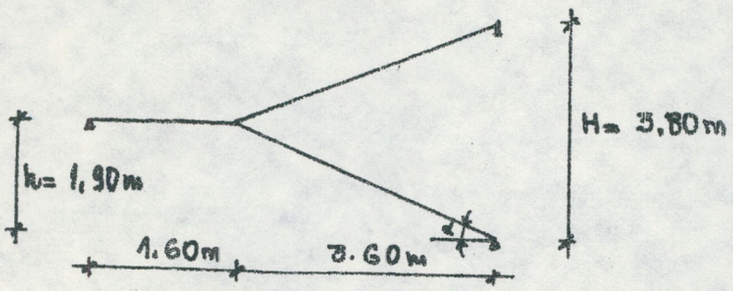
On vérifie si la largeur de la bielle s'oppose à l'écrasement du béton

$$c \geq \frac{2T^{max}}{\bar{\sigma}_{bo} \times b_0} = 2 \cdot \frac{4539}{82{,}6 \times 100} = 1{,}099 \text{ cm}.$$

CALCUL DES ESCALIERS

Notre bloc Comporte 1 seul type d'escalier avec un palier et 2 paillasses pour une hauteur de 3,80 m.

Schéma statique :



on a : $g = 30cm$ et $h = 15,8cm \longrightarrow 59 < g+2h = 61,6 \leq 64$

le prédimensionnement de la paillasse a donné : $e = 15cm$

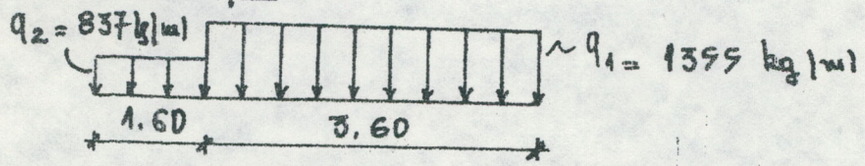
poids propre : $G = 875,01\ kg/m^2$; $P = 400\ kg/m^2$: Surcharge

d'où $G + 1,2P = 1355,01\ kg/m^2$

Palier :

$G = 357\ kg/m^2$ et $P = 400\ kg/m^2$: $G + 1,2P = 837\ kg/m^2$

Schéma statique :



en tenant Compte d'un semi-encastrement aux appuis :

$$\begin{cases} Ma = 0,30.M_0^{max} \\ Mt = 0,85.M_0^{max} \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} Ma = 1276,3\ kgm/ml \\ Mt = 3616,2\ kg.m/ml \end{cases}$$

Le ferraillage se fera par la Méthode de P. charon

. travée :

$A_t = 11,43\ cm^2/ml$; on adopte $8T14 = 12,31\ cm^2$
espacement $e = 10cm$

pour les armatures de repartition, on adopte :

$A_r = \frac{A}{4} = 3,08\ cm^2$ $4T8/ml$, $e = 12cm$

. Appui : $A_a = 3,93\ cm^2/ml$, on adopte $7T10/ml$, $e = 17\ cm$
Armatures de répartition : $6T8$, $e = 14\ cm$

Vérifications :

a- Contraintes :

- travée : $\sigma'_b = 120,16\ kg/cm^2 < \bar{\sigma}'_b$; $\sigma_a = 2612,44\ kg/cm^2 < \bar{\sigma}_a$
- appui : $\sigma'_b = 65,99\ kg/cm^2 < \bar{\sigma}'_b$; $\sigma_a = 2749,7\ kg/cm^2 < \bar{\sigma}_a$

b- flèche :

$$A \geq 6\ b.h.\frac{43}{\sigma_{en}} = 13,31\ cm^2$$ - Vérifiée -

c- Condition de non fragilité :

$$A \geq 0,69.b.h\ \frac{\bar{\sigma}'_t}{\sigma_{en}} = 1,72\ cm^2$$ - Vérifiée -

d- fissuration :

- travée : $\sigma_1 = 3428,57\ kg/cm^2 > \bar{\sigma}_a$;
- appui : $\sigma_2 = 3243,29\ kg/cm^2 > \bar{\sigma}_a$;

e- Condition aux appuis :

$$T + \frac{M}{z} < 0 \Rightarrow A.\bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z}.$$

donc les armatures inférieures aux appuis sont nécessaires

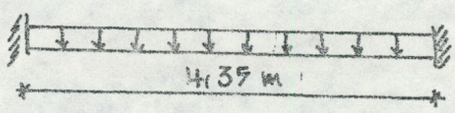
f- Armatures transversales :

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b.z} = 2,98\ kg/cm^2 < \bar{\tau}_b = 1,15.\bar{\sigma}_b = 8,17\ kg/cm^2$$

les armatures transversales ne sont pas nécessaires.

POUTRE PALIERE : Dim (30×40)

$q = 3815,50\ kg/ml$



$M_0^{max} = 9024,83\ kg.m/ml$
$M_t = 4641,1\ kg.m/ml$
$M_a = 2707,45\ kg.m/ml$

Ferraillage : $A_t = 8,47\ cm^2$; on adopte $6T14$: $9,23\ cm^2$
$A_a = 2,84\ cm^2$; on adopte $3T12$: $3,39\ cm^2$

- armatures transversales :

$\tau_b = 8,54\ kg/cm^2 < 24,25\ kg/cm^2$

on adopte (1 cadre + 1 étrier) $\phi 8$: $A_t = 1,50\ cm^2$
espacement admissible : $\bar{t} = \max(7,14\ cm^2 ; 23,8)$
espacement réel : $t = 9,36\ cm^2$ ⟶ on adopte $t = 10\ cm$

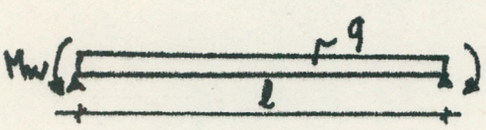
Calcul Des Efforts
Sous les Charges Verticales

La Méthode Utilisée est celle de CAQUOT, donnée en Annexe A du C.C.B.A 68.

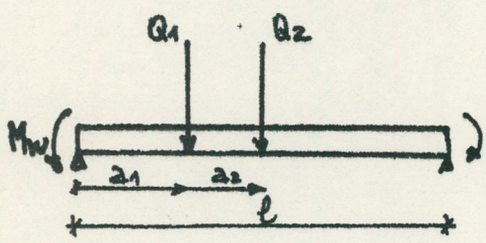
Conditions à Satisfaire :

1- Les poutres sont solidaires des poteaux.
2- Les Moments d'inertie des poteaux sont Constants.
3- Il n'est pas tenu Compte des déplacements horizontaux relatifs des planchers.

Pour le Calcul des efforts tranchants dans les poutres:



$$\begin{cases} Tw = \frac{ql}{2} + \frac{Mw - Me}{l} \\ Te = \frac{ql}{2} + \frac{Me - Mw}{l} \end{cases}$$

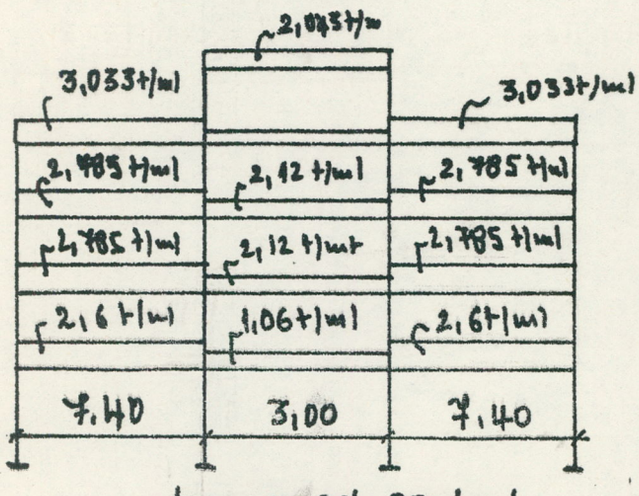


$$\begin{cases} Tw = \frac{Mw - Me}{l} + \Sigma Q_i - \frac{\Sigma Q_{i-1} a_i}{l} + \frac{ql}{2} \\ Te = \frac{Me - Mw}{l} + \frac{ql}{2} + \frac{\Sigma Q_i . a_i}{l} \end{cases}$$

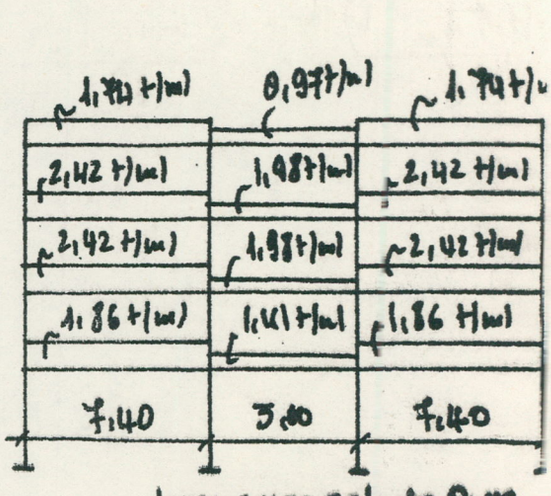
Les Calculs sont résumés dans les tableaux, ainsi que le Chargement sur differents portiques.

Evaluation Des Charges sur les portiques transversaux :

Sous poids propre :



transversal central



transversal de rive

PORTIQUE TRANS CENTRAL : CALCUL des EFFORTS NORMAUX des POTEAUX

Niv	Noeud	M_m	M_s	T_w (t)	Te(t)	N(t)	Nc(t)	M_m	M_s	T_w (t)	Te(t)	N(t)	Nc(t)
4	2	-0,583	+3,44		2,60	2,60	2,60	-0,13	+0,40		0,57	0,57	0,57
	3	+0,583	-3,44	2,60		2,60	2,60	+0,13	-0,40	0,57		0,57	0,57
3	1	-5,27	-2,71		9,84	9,84	9,84	-0,78	-1,10		1,44	1,44	1,44
	2	+3,14	+2,30	11,24	2,08	13,32	15,92	+0,36	+0,86	1,68	1,43	3,11	3,68
	3	-3,14	-2,30	2,08	11,24	13,32	15,92	-0,36	-0,86	1,43	1,68	3,11	3,68
	4	+5,27	+2,71	9,84		9,84	9,84	+0,78	+1,10	1,44		1,44	1,44
2	1	-2,71	-2,71		9,40	9,40	19,24	-1,10	-1,10		3,77	3,77	5,21
	2	+2,30	+2,30	10,80	2,70	12,70	28,62	+0,86	+0,86	4,05	1,85	5,90	9,58
	3	-2,30	-2,30	2,70	10,80	12,70	28,62	-0,86	-0,86	1,85	4,05	5,90	9,58
	4	+2,71	+2,71	9,40		9,40	19,24	+1,10	+1,10	3,77		3,77	5,21
1	1	-2,71	-1,355		9,40	9,40	28,64	-1,10	-0,55		3,77	3,77	8,98
	2	+2,30	+1,15	10,00	2,70	12,70	41,32	+0,86	+0,43	4,05	1,85	5,90	15,48
	3	-2,30	-1,15	2,70	10,80	12,70	41,32	-0,86	-0,43	1,85	4,05	5,90	13,48
	4	+2,71	+1,355	9,40		9,40	28,64	+1,10	+0,55	3,77		3,77	8,98
0	1	0,80	6,63		8,62	8,62	37,26	1,26	-11,02		14,36	14,36	23,34
	2	-0,44	-3,84	-8,80	6,02	14,81	56,13	-0,85	-7,33	-14,39	1,24	15,83	31,31
	3	+0,44	3,84	-6,22	8,80	15,02	56,34	+0,85	7,33	-1,24	14,59	15,83	31,31
	4	-0,80	-6,63	-8,62		8,62	37,26	-1,28	-11,02	-14,36		14,36	23,34

PORTIQUE TRANSVERSAL de RIVE

Calcul des efforts dans les poteaux

		Sous "G"						Sous "P"					
	Nœud	M_m	M_s	T_w (t)	Te (t)	N (t)	N_c (t)	M_m	M_s	T_w (t)	Te (t)	N (t)	N_c
3	1	-3,02	-2,16		5,74	5,74	5,74	-0,40	-0,50		0,73	0,73	0,73
	2	+2,48	+1,84	6,35	1,14	7,59	7,59	+0,25	+0,40	0,83	0,71	1,54	1,54
	3	-2,48	-1,84	1,14	6,35	7,59	7,59	-0,25	-0,40	0,71	0,83	1,54	1,54
	4	+3,02	+2,16	5,74		5,74	5,74	+0,40	+0,50	0,73		0,73	0,73
2	1	-2,43	-2,16		8,11	8,11	13,85	-0,56	-0,50		1,87	1,87	2,60
	2	+2,07	+1,84	8,71	2,52	11,23	18,81	+0,45	+0,40	2,02	0,92	2,94	4,48
	3	-2,07	-1,84	2,52	8,71	11,23	18,82	-0,45	-0,40	0,92	2,02	2,94	4,48
	4	+2,43	+2,16	8,11		8,11	13,85	+0,56	+0,50	1,87		1,87	2,60
1	1	-2,43	-1,08		8,11	8,11	21,96	-0,56	-0,25		1,87	1,87	4,47
	2	+2,07	+0,92	8,71	2,52	11,23	30,05	+0,45	+0,20	2,02	0,92	2,94	7,42
	3	-2,07	-0,92	2,52	8,71	11,23	30,05	-0,45	-0,20	0,92	2,02	1,87	4,47
	4	+2,43	+1,08	8,11		8,11	21,96	0,56	+0,25	1,87		7,18	11,65
0	1	0,55	4,74		6,17	6,17	28,13	0,64	5,51		7,18	7,18	11,65
	2	-0,31	-2,71	-6,30	4,02	10,32	40,37	-0,42	-3,66	-7,50	0,644	7,94	15,36
	3	0,31	2,71	-4,12	6,30	10,42	40,47	-0,42	3,66	-0,644	7,30	7,94	15,36
	4	-0,55	-4,74	-6,17		6,17	28,13	-0,64	5,51	7,18		7,18	11,65

ETUDE AU SEISME

Notre bâtiment ne remplit pas les conditions statiques (R.P.A 81) pour cela on a utilisé une des Méthodes dynamiques qui est celle d'HOLZER transformée qui nous permettra de calculer les differentes périodes.
Le principe de la méthode est donné dans "Conception et Calcul des structures soumises aux Seismes" en annexes A page 130.

DETERMINATION DES Caractéristiques propres de Vibrations:

a- Evaluation Des masses de niveaux:

Niveau	4	3	2	1
masse (t)	49,72	364,73	372,81	373,22

avec $m = \frac{W}{g}$ W(t) et g (cm/s²).

b- Calcul des Rigidités:

$E = 21000 \sqrt{\sigma_j}$; $\sigma'_j = 1.2 . \sigma'_{28}$

b_0 et I_0 : fixées

La Rigidité de Référence est donnée par:

$$R_0 = \frac{12 E I_0}{l_0^3}$$

. Etapes de Calcul:

1- Calcul des Caracteristiques des poteaux et des poutres.
2- Calcul des Coefficients de Correction A_{kj}.
3- Calcul des Rigidités relatives de niveau:

$$R_k = \eta_k . R_0 \quad \text{avec} \quad \eta_k = \Sigma \eta_{kj}$$

4- Periodes de Vibration:
On Commence le processus iteratif avec l'ordonnée $\phi_k = 1{,}00$
On obtient à la dernière Colonne $\frac{1}{\eta_k} \Sigma a . \gamma . \phi = x$, qui represente la difference entre les ordonnées ϕ_5 et ϕ_6
Càd $\phi_5 = \phi_4 - x$.
On Calcule de la même façon les autres ordonnées jusqu'à trouver $\phi_0 = \phi_1 - y \simeq 0$, Car le portique est encastré à la base.

Si On obtient $\phi_0 < 0$ alors la valeur de Ψ_1 est plus grande que la valeur réelle.
Si $\phi_0 > 0$ alors la valeur de Ψ_1 est plus petite que Ψ_1 réelle.
Aprés avoir déterminer Ψ_1, On calcule la pulsation w avec :

$$w^2 = \Psi \frac{R_0}{m_0} \quad \text{et} \quad T = \frac{2\pi}{w}$$

donc $$w = \sqrt{\Psi} \cdot \sqrt{\frac{R_0}{m_0}}$$

On fait de la même manière pour les 2ème et 3ème mode

1er mode : tous les ϕ_i sont positifs
2ème mode : les 1er ϕ_i sont positifs puis les derniers négatifs
3ème mode : alternance de signe pour Les déplacements.

Evaluation des forces sismiques :

On utilisera La méthode approchée du Spectre de reponse exposée dans l'annexe 3 " R.P.A 81" (méthode Simplifiée d'analyse modale).

Etapes de Calcul :

1- Détermination des périodes et formes propres : M. d'HOLZER.
2- Détermination du facteur contribution de chaque mode Γ_i
3- Détermination du facteur d'amplification dynamique pour chaque mode : " D" (fig 4 page 17) $T_i \longrightarrow D_i$
4- Evaluation des forces sismiques de calcul pour chaque période.
5- Evaluation de la Sollicitation maximale resultante.

Calcul des Coefficients A, B, D, Q

1- Coefficient d'accélération des zônes :

groupe d'usage important
zône II
$\Longrightarrow$ A = 0,25

2- Coéfficient B:

Contreventement par portique :

$$B = \frac{1}{4}.$$

3- Coéfficient Q :

q	- CRITERES -
1	Condition minimale des files Porteuses
2	Sur abondance en plan
3	Symétrie en élevation
4	Régularité en élèvation
5	Contrôle de la qualité des materiaux
6	Contrôle de la qualité de la construction

Sens transversal Valeurs de Pq			Sens longitudinal Valeurs de Pq	
Observé	Non observé		Observé	Non observé
	0,1	1	0	
	0,1	2	0	
	0,1	3	0	
	0,1	4		0,1
	0,1	5		0,1
	0,1	6		0,1
	$\Sigma Pq = 0,6$			$\Sigma Pq = 0,3$

Sens transversal : $Q = 1,6$
Sens longitudinal : $Q = 1,3$

$Q = 1 + \Sigma Pq$.

4- Coéfficient D :

a- Sens transversal :

$T_1 = 0,52\ A \longrightarrow D_1 = 1,97$
$T_2 = 0,19\ A \longrightarrow D_2 = 2,00$
$T_3 = 0,13\ A. \longrightarrow D_3 = 2,00$

b- Sens Longitudinal :

$T_1 = 0,78\ A \longrightarrow D_1 = 1,60$
$T_2 = 0,27\ A \longrightarrow D_2 = 2,00$
$T_3 = 0,19\ A \longrightarrow D_3 = 2,00$

5- Recapitulation Des Résultats :

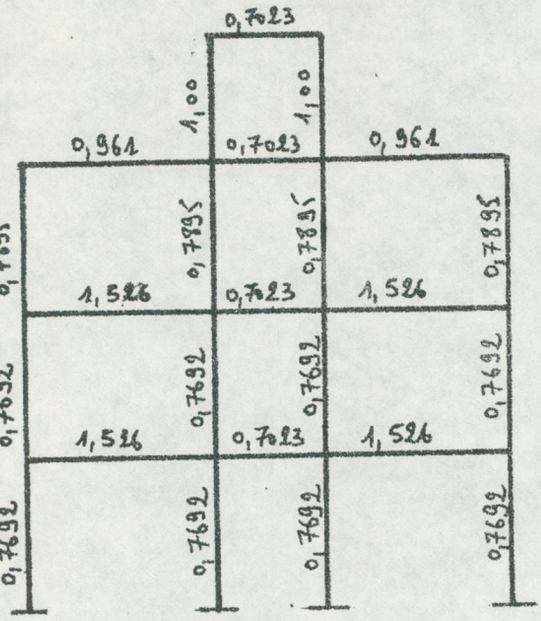
a- Sens transversal :

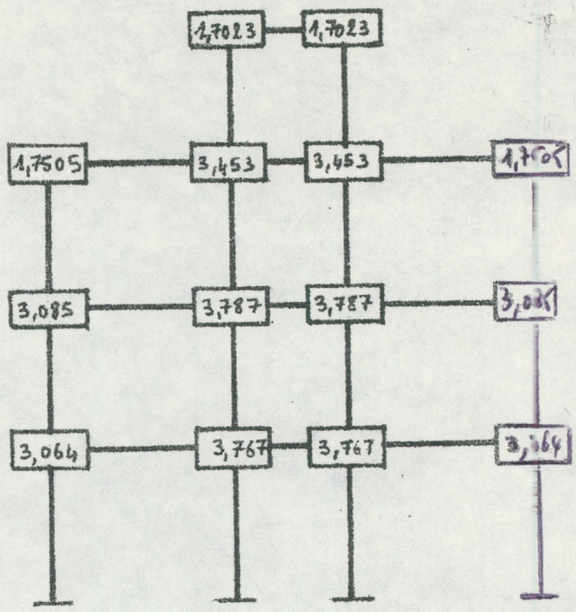
A = 0,25 ; B = 0,25 ; Q = 1,6 ; D = 1,97 ; 2 ; 2.

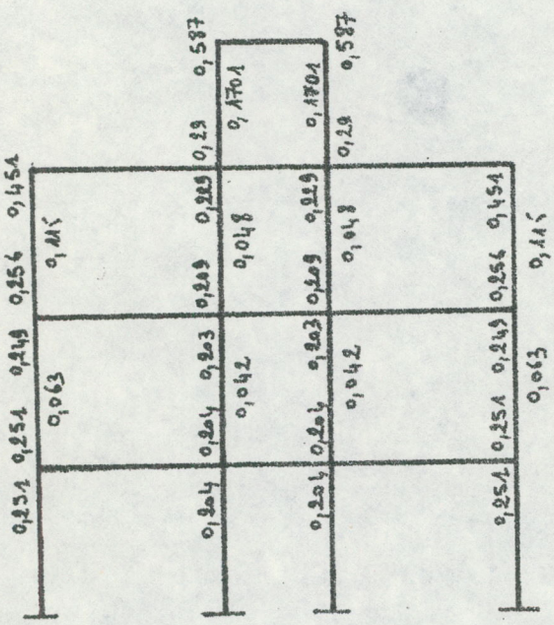
b- Sens Longitudinal :

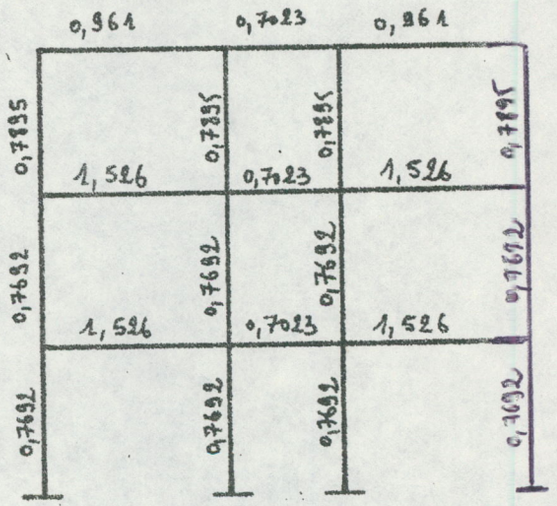
A = 0,25 ; B = 0,25 ; Q = 1,3 ; D = 1,60 ; 2 ; 2

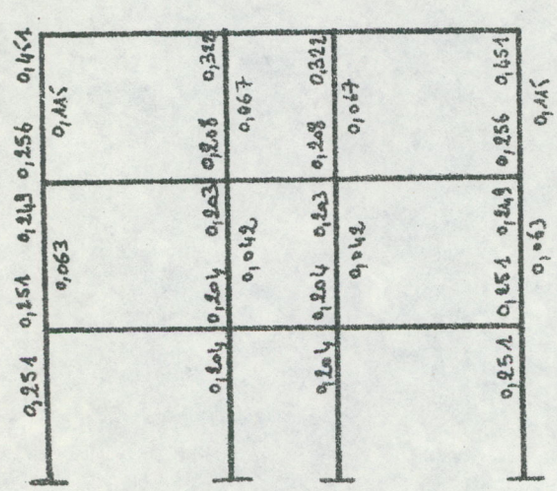
PORTIQUES TRANSVERSAUX : Calcul des COEFFICIENTS

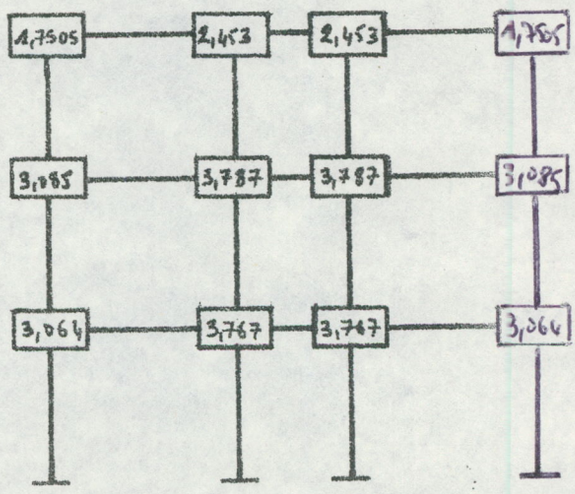












ETUDE DYNAMIQUE : CALCUL des RIGIDITES RELATIVES de NIVEAU

PORTIQUE TRANS CENTRAL

NIV	Barres	A_{Kj}	φ_{Kj}	λ_{Kj}	$\flat_{Kj}$	$\flat_K = \Sigma \flat$	$R_{Kj} = \flat_K R_o$ (Kgf/cm)
4	2-2	0,470	1,00	1,00	0,47	0,94	33499,76
	3-3	0,470	//	//	0,47	//	//
3	1-1	0,556	0,7895	1,2666	0,274	1,244	44345,86
	2-2	0,708	//	//	0,348	//	//
	3-3	0,708	//	//	0,348	//	//
	4-4	0,556	//	//	0,274	//	//
2	1-1	0,672	0,7692	1,300	0,306	1,272	45329,38
	2-2	0,726	//	//	0,330	//	//
	3-3	0,726	//	//	0,330	//	//
	4-4	0,672	//	//	0,306	//	//
1	1-1	0,812	//	//	0,369	1,51	53813,40
	2-2	0,847	//	//	0,386	//	//
	3-3	0,847	//	//	0,386	//	//
	4-4	0,812	//	//	0,369	//	//

$R_o = 35.638,04$ Kg/cm

PORTIQUE TRANS de RIVE

NIV	Barres	A_{Kj}	φ_{Kj}	λ_{Kj}	$\flat_{Kj}$	$\flat_K = \Sigma \flat$	$R_{Kj} = \flat_K R_o$ (Kgf/cm)
4	2-2						
	3-3						
3	1-1	0,556	0,7895	1,2666	0,274	1,19	42404,81
	2-2	0,650	//	//	0,321	//	//
	3-3	0,650	//	//	0,321	//	//
	4-4	0,556	//	//	0,274	//	//
2	1-1	0,672	0,7692	1,300	0,306	1,272	45329,38
	2-2	0,726	//	//	0,33	//	//
	3-3	0,726	//	//	0,33	//	//
	4-4	0,672	//	//	0,306	//	//
1	1-1	0,812	//	//	0,369	1,51	53813,40
	2-2	0,847	//	//	0,386	//	
	3-3	0,847	//	//	0,386	//	
	4-4	0,812	//	//	0,369	//	

ETUDE DYNAMIQUE : CALCUL des RIGIDITES RELATIVES de NIVEAU

R_o = 35.638,04 Kgf/cm

PORTIQUE LONG CENTRAL

Niv	Barres	A_{jk}	φ_{jk}	λ_{jk}	b_{jk}	$b_k = \sum b_{jk}$	(Kgf/cm) $R_{kj} = b_k R_o$
4	1-1	0,505	0,4644	1,00	0,234	1,301	46.371,96
	2-2	0,681	"	"	0,290		
	3-3	0,628	"	"	0,279		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	0,506	"	"	0,228		
3	1-1	0,632	0,3503	1,2666	0,138	0,888	31.646,35
	2-2	0,724	"	"	0,158		
	3-3	0,718	"	"	0,157		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,549	"	"	0,120		
2	1-1	0,632	0,3419	1,300	0,127	0,834	29.708,07
	2-2	0,720	"	"	0,146		
	3-3	0,718	"	"	0,145		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,682	"	"	0,126		
1	1-1	0,7902	"	"	0,168	0,987	35.315,72
	2-2	0,843	"	"	0,191		
	3-3	0,842	"	"	0,190		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,777	"	"	0,167		

PORTIQUE LONG de RIVE

Niv	Barres	A_{jk}	φ_{jk}	λ_{jk}	b_{jk}	$b_k = \sum b_{jk}$	(Kgf/cm) $R_{kj} = b_k R_o$
4	1-1						
	2-2						
	3-3						
	4-4						
	5-5						
3	1-1	0,555	0,3503	1,2666	0,121	0,885	31.535,37
	2-2	0,681	"	"	0,149		
	3-3	0,679	"	"	0,148		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,549	"	"	0,120		
2	1-1	0,626	0,3419	1,30	0,127	0,834	29.708,07
	2-2	0,720	"	"	0,146		
	3-3	0,718	"	"	0,146		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,682	"	"	0,126		
1	1-1	0,7902	"	"	0,168	0,987	35.315,72
	2-2	0,843	"	"	0,191		
	3-3	0,842	"	"	0,190		
	4-4	"	"	"	"		
	5-5	"	"	"	"		
	6-6	0,777	"	"	0,167		

ETUDE DYNAMIQUE - SENS TRANSVERSAL

1ER MODE

Niv	φ_1	$\alpha_K = \frac{m_K}{m_0}$	$\alpha_K \cdot \varphi_1$	$\phi_{K,1}$	$\alpha_K \varphi_1 \phi_K$	$\Sigma \alpha \varphi \phi$	b_K	$\frac{1}{b_K} \Sigma \alpha \varphi \phi$
4	$\varphi'_1 = 0,2054$	1,000	0,2054	1,000	0,2054	0,2054	4,700	0,0437
3		7,3355	1,5067	0,9563	1,4408	1,6463	7,410	0,222
2		7,4982	1,5401	0,7341	1,1306	2,7769	7,632	0,3638
1		7,5064	1,5418	0,5703	0,5709	3,3478	9,060	0,3695
0				$7,6 \cdot 10^{-4}$				
4	$\varphi''_1 = 0,2055$	1,000	0,2055	1,000	0,2055	0,2055	4,700	0,0437
3		7,3355	1,5074	0,9563	1,4415	1,6470	7,410	0,2223
2		7,4982	1,5409	0,7340	1,1310	2,7780	7,632	0,3640
1		7,5064	1,5426	0,3700	0,5708	3,3488	9,060	0,3696
0				$3,8 \cdot 10^{-4}$				
4	$\varphi'''_1 = 0,2056$	1,000	0,2056	1,000	0,2056	0,2056	4,700	0,0437
3		7,3355	1,508	0,9562	1,4422	1,6478	7,410	0,2224
2		7,4982	1,5416	0,7339	1,1314	2,7792	7,632	0,3641
1		7,5064	1,5432	0,3697	0,5706	3,3498	9,060	0,3697
0				$-5,7 \cdot 10^{-7}$				

- On opte pour $\varphi_1 = 0,2056$ avec $\begin{cases} R_0 = 35.638,04 \text{ Kgf/cm} \\ m_0 = 49,72 \text{ (Kg/cm)} \cdot s^2 \end{cases}$

d'où $\omega_1 = 12,14 \Rightarrow T_1 = 0,52 s$

- De la même manière on a :

$\varphi_2 = 1,5672 \Rightarrow \omega_1 = 33,52 \Rightarrow T_2 = 0,187 s$

$\varphi_3 = 3,2670 \Rightarrow \omega_3 = 48,39 \Rightarrow T_3 = 0,13 s$

ETUDE DYNAMIQUE - SENS LONGITUDINAL

1er MODE

Niv	φ_1	$d_K = \frac{m_K}{m_0}$	$d_K \varphi_K$	$\beta_{K,1}$	$d_K \varphi_K \beta_K$	$\sum d\varphi\beta$	δ_K	$\frac{1}{\gamma_1} \sum d\varphi\beta$
4	$\varphi'_1 = 0,0916$	1,000	0,0916	1,000	0,0916	0,0916	2,602	0,0352
3		7,3355	0,6719	0,9648	0,6483	0,7399	3,566	0,2075
2		7,4982	0,6868	0,7573	0,5202	1,260	3,396	0,3780
1		7,5064	0,6876	0,3796	0,2610	1,521	3,988	0,3814
0				-0,0018				
4	$\varphi''_1 = 0,0913$	1,000	0,0913	1,000	0,0913	0,0913	2,602	0,0351
3		7,3355	0,6697	0,9648	0,6463	0,7375	3,566	0,2068
2		7,4982	0,6846	0,7581	0,5189	1,2563	3,336	0,3766
1		7,5064	0,6853	0,3814	0,2614	1,5139	3,988	0,3806
0				$8,16.10^{-4}$				
4	$\varphi'''_1 = 0,0914$	1,000	0,0914	1,000	0,0914	0,0914	2,602	0,0351
3		7,3355	0,6705	0,9649	0,6469	0,7383	3,566	0,207
2		7,4982	0,6853	0,7578	0,5194	1,2577	3,336	0,377
1		7,5064	0,6861	0,3808	0,2613	1,5189	3,988	0,3809
0				$-5,6.10^{-3}$				

- On opte pour $\Psi_1 = 0,0914$ avec $\begin{cases} R_0 = 35.638,04 \text{ Kg}/\text{cm} \\ m_0 = 49,72 \text{ (Kg/cm)} \cdot s^2 \end{cases}$

d'où $\omega_1 = \sqrt{\Psi_1} \cdot \sqrt{R_0/m_0} = \underline{8,094} \Rightarrow T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = \underline{0,776\ s}$

- De la même manière on tire :

$\underline{\omega_2 = 22,85} \Rightarrow \underline{T_2 = 0,275\ s}$ avec $\underline{\Psi_2 = 0,7885}$

$\underline{\omega_3 = 38,52} \Rightarrow \underline{T_3 = 0,19\ s}$ avec $\underline{\Psi_3 = 1,4753}$

METHODE DE MUTO

La Méthode de MUTO nous permet de Calculer les rigidités, et de répartir les efforts sur les portiques.

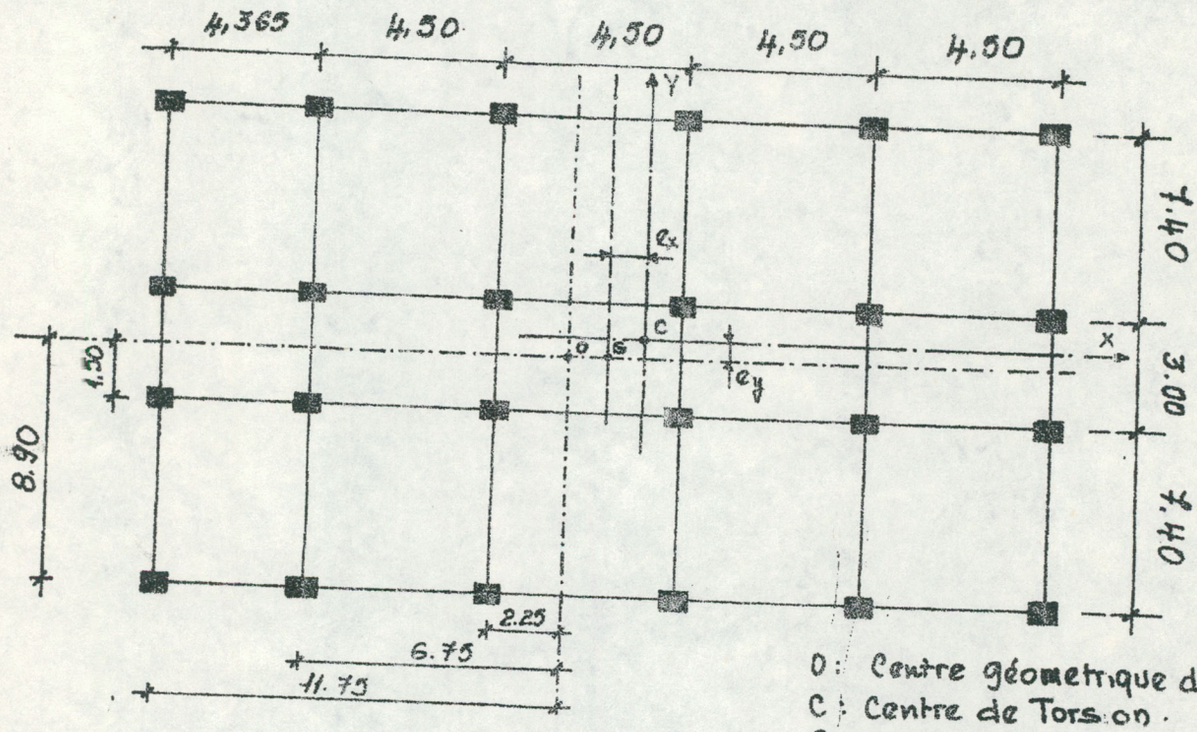
Nous donnons les resultats sous forme de Tableaux

1- Rigidités :

$$R_j = \sum_{k=1}^{N} R_{kj}$$

Rigidités relatives	4	3	2	1
Sens transversal	132447,3	208816,16	212094,1	256403,3
Sens longitudinal	74011,4	96490,1	90437,7	111087,25

2- Excentricité :



O : Centre géométrique du plancher.
C : Centre de Torsion.
G : Centre de Gravité.

. Détermination du Centre de torsion :

$$x_{ck} = \frac{\sum R_{ky} \cdot x_k}{R_{ky}} \; ; \qquad y_{ck} = \frac{\sum R_{kx} \cdot y_k}{R_{kx}}$$

- Détermination du Centre de masse :

$$x_{G_k} = \frac{\sum m_k \cdot x_k}{\sum m_k} \quad ; \quad y_{G_k} = \frac{\sum m_k \cdot y_k}{\sum m_k}$$

- Résumé des résultats :

Niveau	X_G (m)	X_C (m)	e_x	e_y	y_G	y_C
4	- 1,212	-2,223	1,011	0	0	0
3	0,23	0	0,23	0	0	0
2	0,244	0	0,244	0	0	0
1	0,244	0	0,244	0	0	0

$e_x = X_G - X_C$

$e_y = y_G - y_C$

D'après les articles 3.2.11 et 3.3.5 du R.P.A. 81 on a :

$e >$ 5 % de la plus grande dimension
$e \leq$ 20 %
} $5\% \leq e \leq 20\%$

Soit : $1.133 \leq e \leq 3,65$

On prend $e_x = 1,133$m et $e_y = 1,133$m

Niv	W_K (t)	1er mode				2e mode				3e mode			
		$\phi_{K,1}$	$W_K\phi_{K,1}$	$W_K\phi^2_{K,1}$	Γ_1	$\phi_{K,2}$	$W_K\phi_{K,2}$	$W_K\phi^2_{K,2}$	Γ_2	$\phi_{K,3}$	$W_K\phi_{K,3}$	$W_K\phi^2_{K,3}$	Γ_3
4	48,77	1,000	48,77	48,77	1,2758	1,000	48,77	48,77	-0,4055	1,000	48,77	48,77	0,1510
3	357,80	0,956	342,06	327,01	"	0,666	238,30	158,70	"	0,305	109,10	33,26	"
2	365,73	0,734	268,44	197,04	"	-0,58	-212,12	123,03	"	-1,122	-410,35	460,41	"
1	366,13	0,370	135,47	50,12	"	-0,837	-328,42	294,53	"	1,094	400,55	438,20	"

SENS TRANSVERSAL : CALCUL des FORCES HORIZONTALES

Niv	1er mode			2e mode			3e mode			Supperposit	CUMULE
	$\Gamma_1 ABD_1 Q W_K$	$\phi_{K,1}$	$F_{K,1}$	$\Gamma_2 ABD_2 Q W_K$	$\phi_{K,2}$	$F_{K,2}$	$\Gamma_3 ABD_3 Q W_K$	$\phi_{K,2}$	$F_{K,3}$	F_K	F_C
4	12,9575	1,000	12,957	-3,9552	1,000	-3,955	1,4726	1,000	1,473	12,9632	12,9632
3	89,9268	0,956	85,97	-29,0176	0,666	-19,33	10,804	0,305	3,294	88,1770	101,140
2	91,9198	0,734	67,47	-29,6607	-0,580	17,203	11,0436	-1,122	-12,391	70,7226	171,863
1	92,0204	0,370	34,05	-29,693	-0,897	26,635	11,0556	1,094	12,095	44,900	216,763

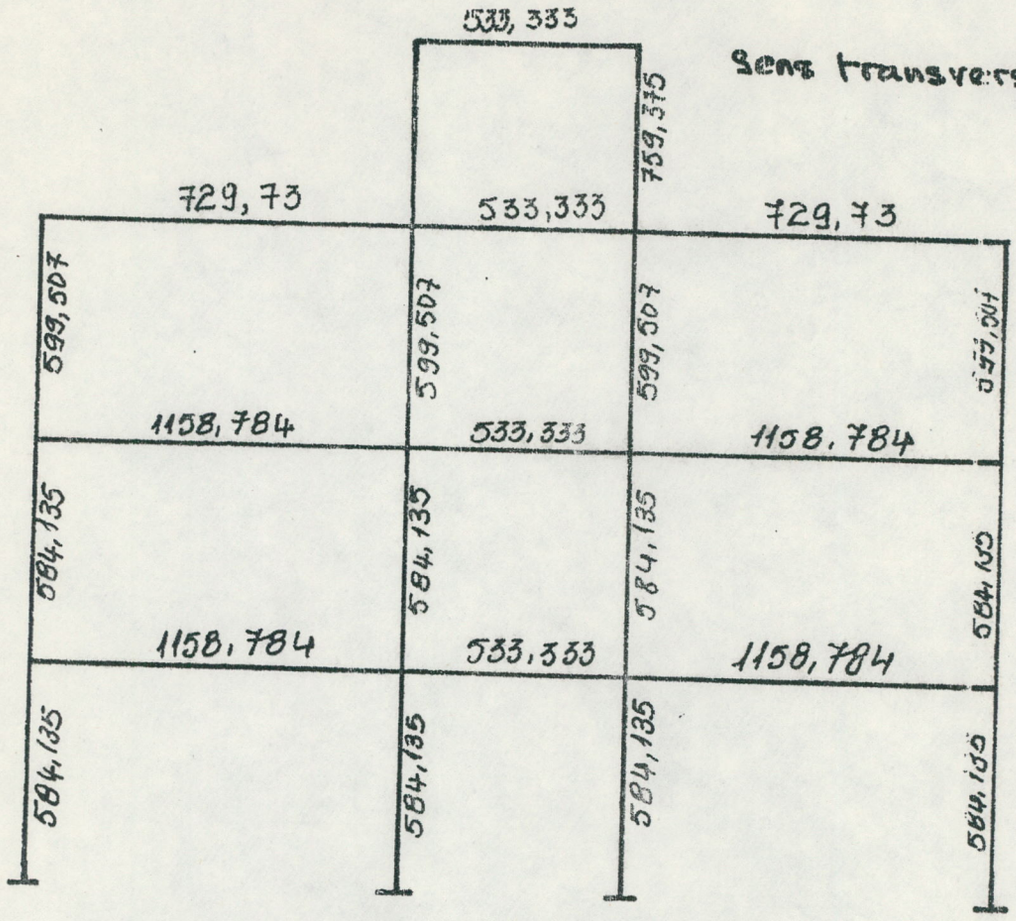
Niv	$W_k(t)$	1er mode				2e mode				3e mode			
		$\Phi_{k,1}$	$W_k\Phi_{k,1}$	$W_k\Phi_{k,1}^2$	Γ_1	$\Phi_{k,2}$	$W_k\Phi_{k,2}$	$W_k\Phi_{k,2}^2$	Γ_2	$\Phi_{k,3}$	$W_k\Phi_{k,3}$	$W_k\Phi_{k,3}^2$	Γ_3
4	58,77	1,000	58,77	58,77	0,3515	1,000	58,77	58,77	-0,3035	1,000	58,77	58,77	0,2250
3	367,99	0,8248	345,24	333,12	"	0,1700	254,62	185,48	"	0,1433	214,93	67,08	"
2	346,73	0,7578	237,15	210,02	"	-0,5403	-306,9	165,82	"	-0,2385	-173,42	613,24	"
1	344,10	0,6801	234,08	93,89	"	-0,8138	-520,30	423,71	"	0,1662	121,78	285,30	"

SENS LONGITUDINAL : CALCUL des FORCES HORIZONTALES

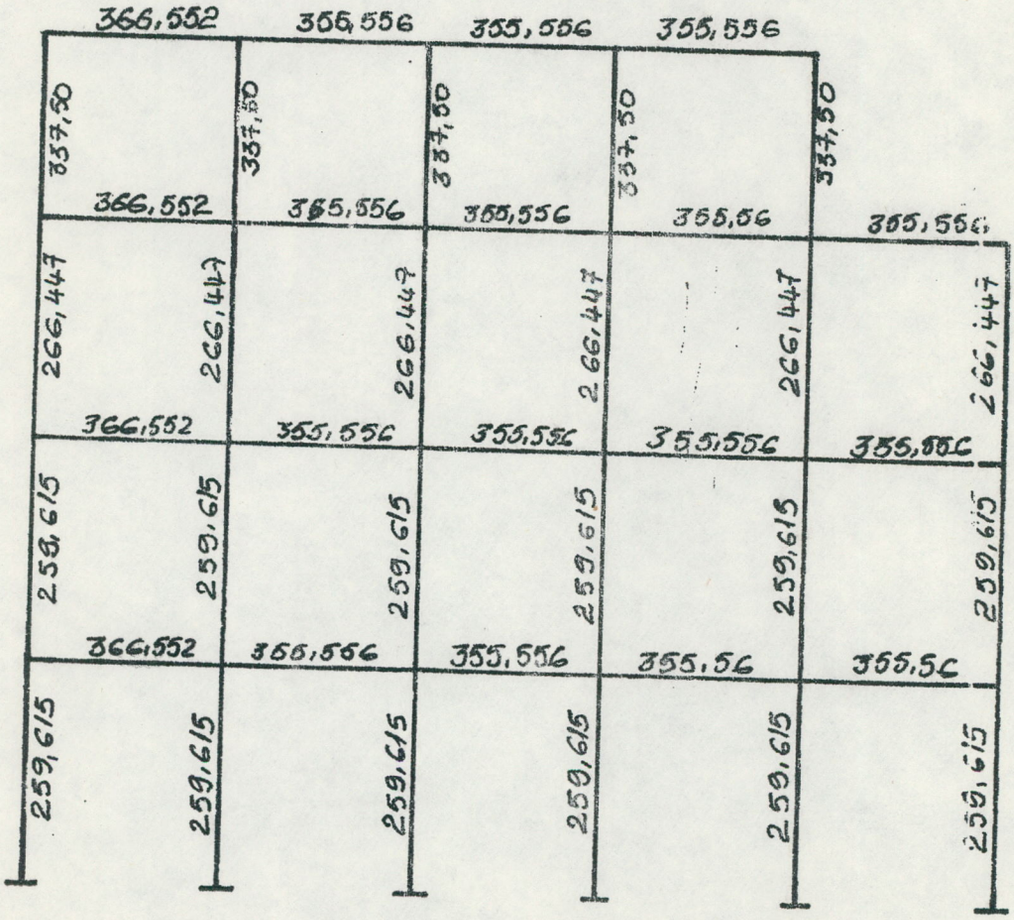
Niv	1er mode			2e mode			3e mode			Superposition	CUMULE
	$\Gamma_1 M_k \Phi_{k,1} W_k$	$\Phi_{k,1}$	$F_{k,1}$	$\Gamma_2 M_k \Phi_{k,2} W_k$	$\Phi_{k,2}$	$F_{k,2}$	$\Gamma_3 M_k \Phi_{k,3} W_k$	$\Phi_{k,3}$	$F_{k,3}$	F_K	F_L
4	7,5680	1,000	8,964	-4,2540	1,000	-4,254	0,8345	1,000	0,891	8,554	8,554
3	58,154	0,868	96,40	-21,64	0,760	15,594	7,1660	0,435	3,116	93,600	62,154
2	53,758	0,758	45,28	-22,64	-0,583	12,434	7,4280	-1,695	-9,42	47,940	110,090
1	50,859	0,681	21,80	-22,442	-0,913	20,45	7,4369	1,662	8,366	33,820	143,210

Evaluation des Rigidités (Poutres et Poteaux)

Sens transversal



Sens longitudinal



Calcul des Rigidités
(Sens transversal)

Niv	Poteaux	Kp cm³	$\bar{K}$	α_j	$\alpha_j K_p$	D_j	$\sum D_{i4}$
4	A	/	/	/	/	564,406	26489,455
	B	759,375	1,183	0,372	282,203		
	C	"	1,183	0,372	282,203		
	D	/	/	/	/		
3	A	599,507	1,575	0,441	264,124	1190,150	34814,360
	B	"	2,465	0,552	330,951		
	C	"	2,465	0,552	330,951		
	D	"	1,575	0,441	264,124		
2	A	584,135	1,984	0,498	290,877	1272,866	33349,020
	B	"	2,897	0,592	345,556		
	C	"	2,897	0,592	345,556		
	D	"	1,948	0,498	290,877		
1	A	584,135	1,948	0,623	364,191	1538,784	42733,663
	B	"	2,897	0,694	405,201		
	C	"	2,897	0,694	405,201		
	D	"	1,948	0,623	364,191		

Calcul des Rigidités
(Sans Longitudinal)

NIV	Pot	K_p cm³	$\bar{K}$	a_j	$a_j K_p$	D_j	R_{jx}
4	I	337,50	1,086	0,352	118,776	788,474	3705,713
	II	"	2,140	0,517	174,440		
	III	"	2,107	0,513	173,146		
	IV	"	2,107	0,513	173,146		
	V	"	1,580	0,441	148,966		
	VI						
3	I	266,447	1,376	0,408	108,585	824,643	3412,521
	II	"	2,710	0,575	153,309		
	III	"	2,669	0,572	152,309		
	IV	"	2,669	0,572	152,309		
	V	"	2,669	0,572	152,309		
	VI	"	1,334	0,400	106,832		
2	I	259,615	1,412	0,414	107,433	814,132	2609,425
	II	"	2,781	0,582	151,023		
	III	"	2,739	0,578	150,052		
	IV	"	2,739	0,578	150,052		
	V	"	2,739	0,578	105,052		
	VI	"	1,370	0,406	105,200		
1	I	259,615	1,412	0,560	145,479	1000,022	2771,614
	II	"	2,781	0,686	178,171		
	III	"	2,739	0,683	177,443		
	IV	"	2,739	0,683	177,443		
	V	"	2,739	0,683	177,443		
	VI	"	1,370	0,555	144,044		

	Sens transversal							Sens Longitudinal				
NIV		1	2	3	4	5	6		I	II	III	V
4	x_K	-6,64	-2,28	-2,22	6,72	11,22		y_K		-2,63	0,367	
	R_{Ky}	3345,98	"	"	"	"		R_{Kx}		4637,2	,637,2	
	$\Sigma R_{Ky} \cdot x_K^2$	755.075,710						$\Sigma R_{Kx} \cdot y_K^2$	32.772,845			
	R_K^0	$7,88 \cdot 10^5$ (tf/m)										
3	x_K	-12,55	-8,18	-3,68	0,82	5,32	9,82	y_K	-10,03	-2,63	0,367	7,767
	R_{Ky}	4434,60	"	"	"	"	"	R_{Kx}	3164,6	3189,9	"	3164,6
	$\Sigma R_{Ky} \cdot x_K^2$	1592318,717						$\Sigma R_{Kx} \cdot y_K^2$	532011,603			
	R_K^0	$21,24 \cdot 10^5$ (tf/m)										
2	x_K	-12,56	-8,19	-3,69	0,81	5,31	9,81	y_K	-10,03	-2,63	0,367	7,767
	R_{Ky}	4532,9	"	"	"	"	"	R_{Kx}	2970,8	"	"	"
	$\Sigma R_{Ky} \cdot x_K^2$	1647839,543						$\Sigma R_{Kx} \cdot y_K^2$	499258,750			
	R_K^0	$21,47 \cdot 10^5$ (tf/m)										
1	x_K	-12,56	-8,19	-3,69	0,81	5,31	9,81	y_K	-10,03	-2,63	0,367	7,767
	R_{Ky}	5381,34	"	"	"	"	"	R_{Kx}	3551,6	"	"	"
	$\Sigma R_{Ky} \cdot x_K^2$	1956254,626						$\Sigma R_{Kx} \cdot y_K^2$	596858,230			
	R_{K0}	$25,53 \cdot 10^5$ (tf/m)										

Torsque transversal

Niv	F_{Kg} (t)	R_{Kg} (t/m)	R_{K0} (t/m)	e_x (m)	Portique	R^i_{Ki} (t/m)	x (m)	F^i_{Kg} (t)
4	12,96	16749,90	$7,88 \cdot 10^5$	1,133	1	3349,98	-6,64	2,592
					2	"	-2,28	2,592
					3	"	2,223	2,734
					4	"	6,723	3,012
					5	"	11,23	3,293
					6			
3	101,14	26413,50	$21,24 \cdot 10^5$	1,133	1	4434,60	-12,56	15,981
					2	"	-8,18	16,981
					3	"	-3,68	16,981
					4	"	0,82	17,177
					5	"	5,32	18,253
					6	"	9,82	19,330
2	171,863	27.197,64	$21,47 \cdot 10^5$	1,133	1	4532,54	-12,56	28,644
					2	"	-8,20	28,644
					3	"	-3,69	28,644
					4	"	0,81	28,975
					5	"	5,31	30,825
					6	"	9,81	32,675
1	216,763	32.288,04	$25,53 \cdot 10^5$	1,133	1	5381,34	-12,56	36,127
					2	"	-8,20	36,127
					3	"	-3,69	36,127
					4	"	0,81	36,544
					5	"	5,31	38,874
					6	"	9,81	41,203

Portique Longitudinal.

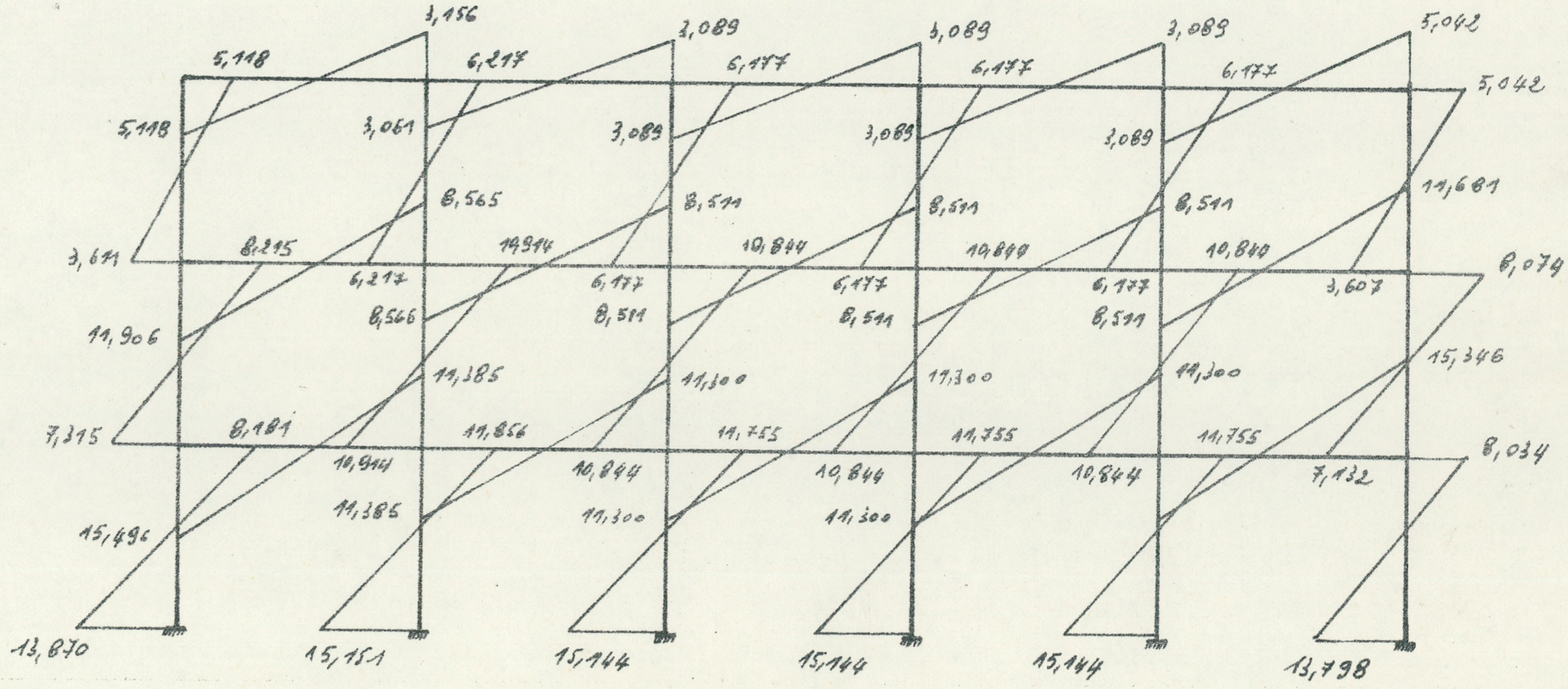
Niv	F_{Kx} (t)	R_{Kx} (t/m)	R_{Ky} (t/m)	e_y (m)	POR	R_K^T t/m	y (m)	F_{Kx}^i (t)
4	8,554	9274,40	$7,88.10^5$	1,133	I			
					II	4637,20	-2,633	4,277
					III	4637,20	0,367	4,298
					IV			
3	67,154	12709,16	$21,24.10^5$	1,133	I	3164,64	-10,03	16,722
					II	3189,94	-2,633	16,855
					III	3189,94	0,367	16,897
					IV	3164,64	7,767	17,602
2	115,09	11.883,24	$21,47.10^5$	1,133	I	2970,81	-17,03	22,773
					II	"	-2,633	22,773
					III	"	0,367	22,839
					IV	"	7,767	30,174
1	148,21	14206,28	$25,53.10^5$	1,133	I	3551,57	-10,03	37,053
					II	"	-2,63	37,053
					III	"	0,367	37,138
					IV	"	7,767	38,867

Portique longitudinal D-D

	Port	$\frac{a K_P}{\Sigma a K_P}$	T_{K_H} (t)	t_{K_H} (t)	$y_i = y$	$z = y_i$	M_{ij}	h_i	M_{ij}
4	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
3	1	0,132	17,602	2,318	0,419	1,592	3,691	2,208	5,118
	2	0,136	〃	3,272	0,50	1,900	6,217	1,900	5,217
	3	0,135	〃	3,251	〃	〃	6,177	1,900	6,177
	4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	6	0,129	〃	2,276	0,417	1,585	3,607	2,215	5,062
2	1	0,132	30,474	3,982	0,471	1,837	7,315	2,063	8,215
	2	0,136	〃	5,597	0,50	1,950	10,914	1,95	10,914
	3	0,134	〃	5,561	〃	〃	10,844	〃	10,844
	4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	6	0,129	〃	3,899	0,469	1,829	7,132	2,074	8,074
1	1	0,145	38,867	5,664	0,629	2,453	13,890	1,647	8,881
	2	0,178	〃	6,825	0,561	2,188	15,854	1,712	11,856
	3	0,177	〃	6,897	0,563	2,196	15,144	1,704	11,755
	4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
	6	0,144	〃	5,598	0,632	2,465	13,798	1,635	8,034

Portique longitudinal D-D

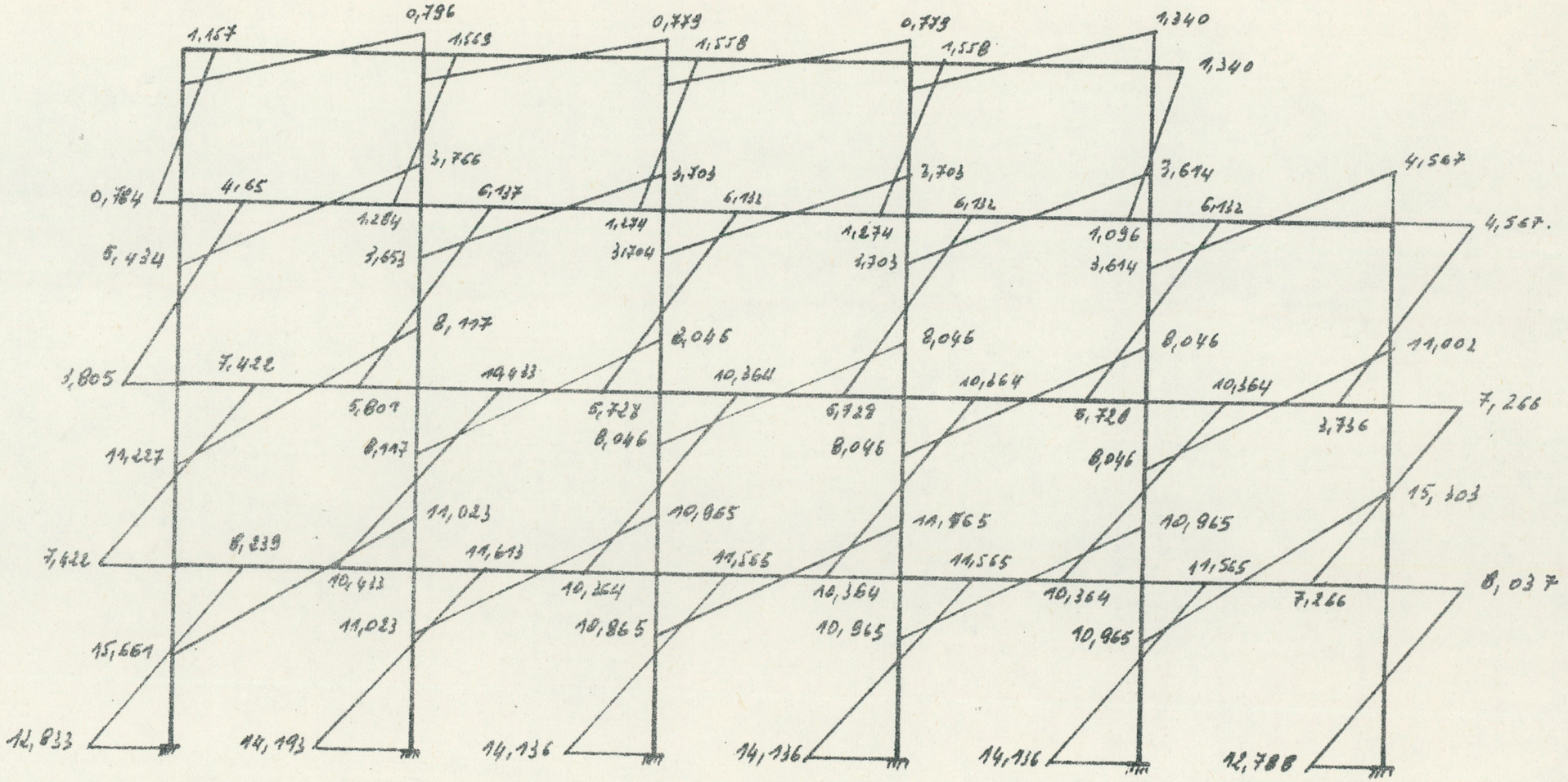
Moments dans les poutres et Poteaux (Sous SH)



Portique Longitudinal C-C

Niv	Pot	$\frac{a.K_\varphi}{\Sigma a K_\varphi}$	$T_{K_n}^{(t)}$	$t_{K_n}^{(t)}$	$y_0 = y$	$z = y.h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}
4	1	0,151	4,298	0,647	0,404	1,212	0,784	1,788	1,157
	2	0,221	"	0,951	0,450	1,350	1,884	1,650	1,569
	3	0,220	"	0,944	0,450	"	1,874	"	1,558
	4	0,220	"	0,944	0,450	"	"	"	"
	5	0,189	"	0,812	0,429	"	1,096	"	1,340
	6								
3	1	0,132	16,897	2,225	0,45	1,710	3,805	2,090	4,650
	2	0,186	"	3,141	0,486	1,847	5,801	1,953	6,135
	3	0,185	"	3,121	0,483	1,835	5,728	1,965	6,132
	4	0,185	"	"	"	"	"	"	"
	5	0,185	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,129	"	2,185	0,45	1,71	3,736	2,090	4,567
2	1	0,122	28,839	3,866	0,50	1,95	7,422	1,95	7,422
	2	0,186	"	5,350	"	"	10,433	"	10,433
	3	0,184	"	5,315	"	"	10,364	"	10,364
	4	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,129	"	3,726	"	"	7,266	"	7,266
1	1	0,145	37,138	5,403	0,609	2,375	12,833	1,525	8,239
	2	0,178	"	6,617	0,550	2,145	14,193	1,765	11,613
	3	0,177	"	6,590	"	"	14,136	"	11,565
	4	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,144	"	5,349	0,613	2,391	12,788	1,509	8,037

Moments Sous SI. Portique Longitudinal C-C.



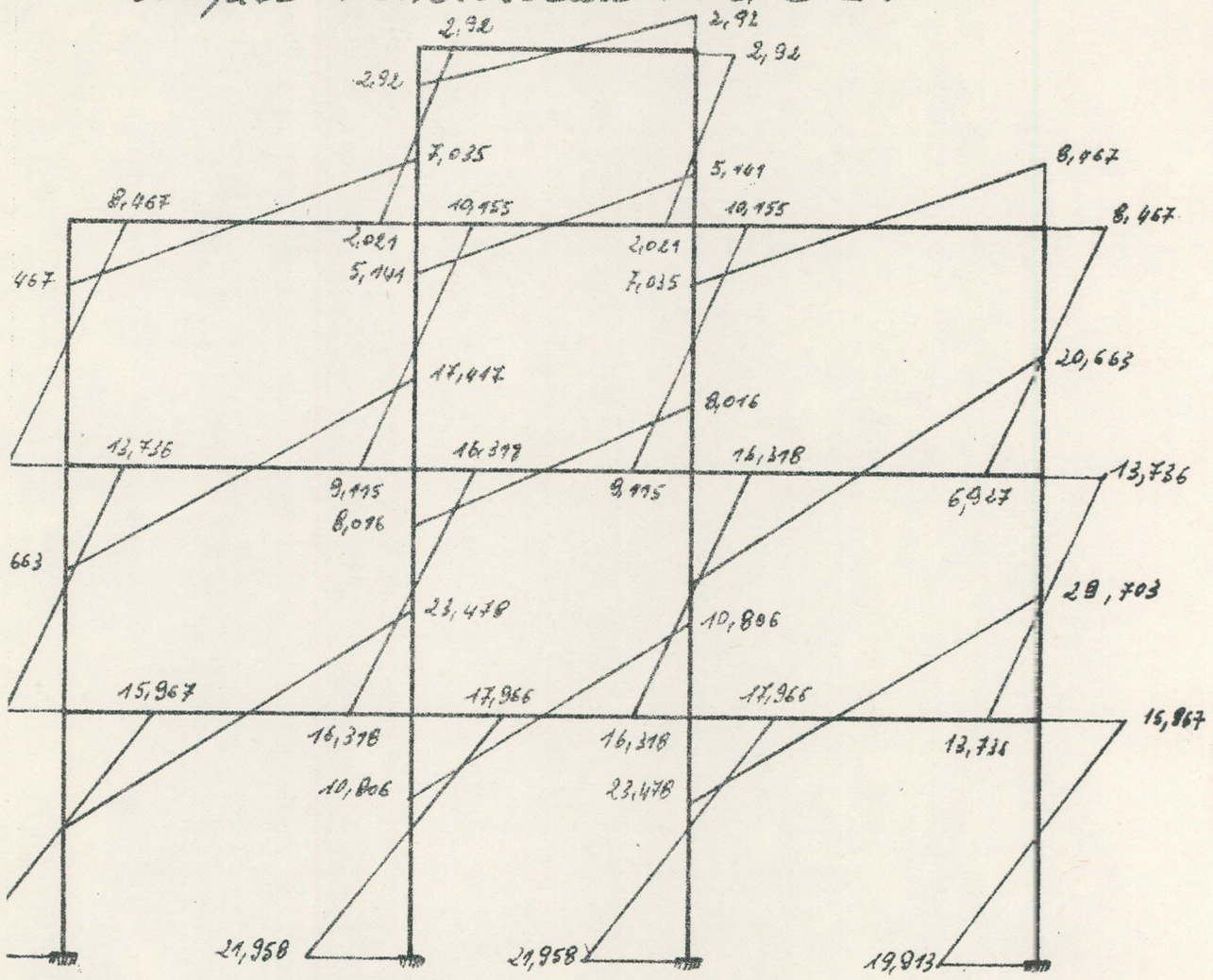
Moments dans les poteaux
Portiques transversaux

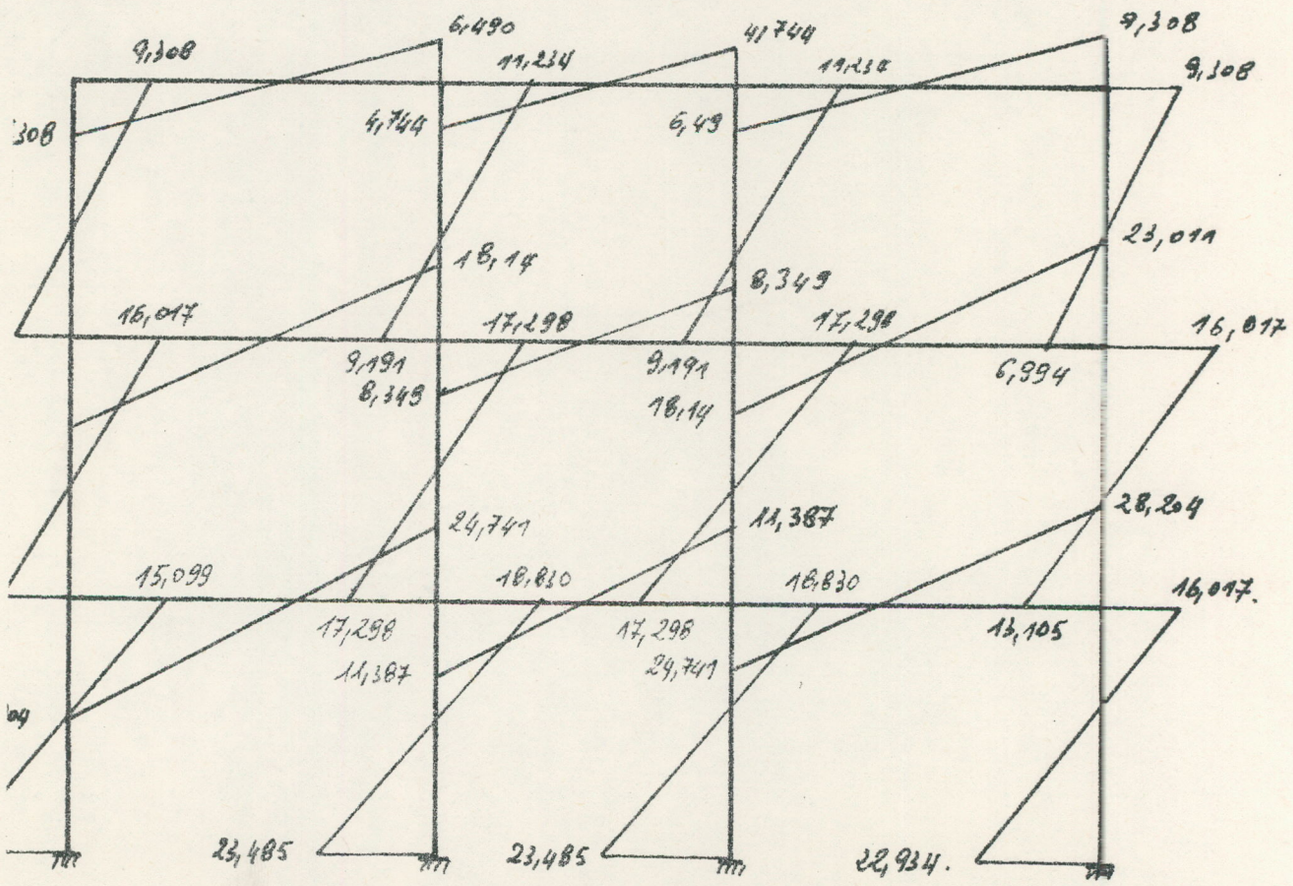
Niveau	file de Pot	$\frac{a_j \cdot k_p}{\sum a_j k_p}$	Ty	ty	$y_0 = y$	$\beta = y+h$	Minf	h-3	Msup
4	1		3,293						
	2	0,50		1,647	0,409	1,227	2,021	1,773	2,92
	3	0,50		"	0,409	"	"	"	"
	4								
3	1	0,222	18,253	4,051	0,45	1,71	6,927	2,09	8,467
	2	0,278		5,071	0,473	1,797	9,115	2,003	10,155
	3	"		"	"	"	"	"	10,155
	4	0,222		4,051	0,45	1,71	6,927	2,09	8,467
2	1	0,229	30,825	7,044	0,50	1,95	13,736	1,95	13,736
	2	0,271		8,368	"	"	16,318	"	16,318
	3	"		"	"	"	"	"	16,318
	4	0,229		7,044	"	"	13,736	"	13,736
1	1	0,237	38,874	9,20	0,555	2,165	19,913	1,736	15,967
	2	0,263		10,237	0,55	2,145	21,958	1,755	17,966
	3	"		"	"	"	"	"	"
	4	0,237		9,20	0,555	2,165	19,913	1,736	15,967

Niv	Pot	$\frac{\lambda k_p}{\sum \lambda_i k_p}$	Ty	ty	$y_0 - y$	$\beta = y+h$	Minf	h-3	Msup
3	1	0,222	19,33	4,29	0,43	1,63	6,994	2,17	9,308
	2	0,278		5,375	0,45	1,71	9,191	2,09	11,235
	3	"		"	"	"	"	"	"
	4	0,278		4,29	0,43	1,63	6,994	2,17	9,308
2	1	0,229	32,675	7,467	0,45	1,755	13,105	2,145	16,017
	2	0,271		8,871	0,50	1,95	17,298	1,95	17,298
	3	"		"	"	"	"	"	"
	4	0,229		7,467	0,45	1,755	13,105	2,145	16,017
1	1	0,237	41,203	9,752	0,603	2,352	22,934	1,548	15,099
	2	0,263		10,85	0,555	2,165	23,485	1,736	18,830
	3	"		"	"	"	"	"	"
	4	0,237		9,752	0,603	2,352	22,934	2,145	16,017

Moments sous SI.

Portiques Transversaux (V-V et VI-VI)





Moments et efforts tranchants
Portiques Longitudinaux

D-D

Niv	Poutre	Mw	Me	Mt	T
4	1-2				
	2-3				
	3-4				
	4-5				
3	1-2	5,113	3,156	-0,981	-1,896
	2-3	3,061	3,089	0,014	-1,367
	3-4	3,089	"	0	-1,337
	4-5	"	"	0	"
	5-6	"	5,042	0,977	-1,807
2	1-2	11,906	8,566	-1,67	-4,609
	2-3	8,566	8,511	-0,028	-3,795
	3-4	8,511	"	0	-3,783
	4-5	"	"	0	-3,783
	5-6	"	11,681	1,585	-4,487
1	1-2	15,496	11,385	-2,056	-6,158
	2-3	11,385	11,30	-0,043	-5,041
	3-4	11,30	"	0	-5,022
	4-5	"	"	0	"
	5-6	"	15,346	2,023	-5,91

C-C

Poutres	Mw	Me	Mt	T
1-2	1,157	0,796	-0,189	-0,447
2-3	0,793	0,779	0,003	-0,345
3-4	0,779	"	0	-0,346
4-5	0,779	1,34	0,281	-0,471
1-2	5,434	3,766	-0,834	-2,108
2-3	3,653	3,703	0,025	-1,635
3-4	3,703	"	0	-1,646
4-5	"	3,614	-0,045	-1,626
5-6	3,614	4,567	0,477	-1,818
1-2	11,227	8,117	-1,555	-4,432
2-3	8,117	8,046	-0,036	-3,592
3-4	8,046	"	0	-3,576
4-5	"	"	0	"
5-6	"	11,002	1,478	-4,233
1-2	15,661	11,023	-2,319	-6,113
2-3	11,023	10,965	-0,029	-4,886
3-4	10,965	"	0	-4,873
4-5	"	"	0	-4,873
5-6	"	15,303	2,169	-5,837

Portiques transversal (Rive)

Niv	Poutre	Mw	Me	Mt	T
4	2-3				
3	1-2	9,308	6,49	-1,409	-2,135
	2-3	4,744	4,744	0	-3,163
	3-4	6,49	9,308	1,409	-2,135
2	1-2	23,011	18,14	-2,436	-5,561
	2-3	8,349	8,349	0	-5,566
	3-4	18,14	23,011	2,436	-5,561
1	1-2	28,204	24,749	-1,732	-7,155
	2-3	11,387	11,387	0	-7,591
	3-4	24,749	28,204	1,732	-7,155

Portique transv (central)

Poutres	Mw	Me	Mt	T
2-3	2,92	2,92	0	-1,947
1-2	8,467	7,035	-0,716	-2,095
2-3	5,141	5,141	0	-3,427
3-4	7,035	8,467	0,716	-2,095
1-2	20,663	17,417	-1,623	-5,146
2-3	8,016	8,016	0	-5,344
3-4	14,417	20,663	1,623	-5,146
1-2	29,703	23,478	-3,113	-7,187
2-3	10,806	10,806	0	-7,204
3-4	23,478	29,703	3,113	-7,187

Calcul des efforts dans les Poteaux

Portique transversal de Rive

Niv	POT	Mmap	Minf	T(t)	N(t)	Nc(t)
4	2-2					
	3-3					
3	1-1	9,308	6,994	4,29	-2,135	-2,135
	2-2	11,234	9,191	5,375	-1,028	-1,028
	3-3	11,234	"	"	+1,028	+1,028
	4-4	9,308	6,994	4,29	2,135	2,135
2	1-1	16,017	13,105	7,467	-5,561	-7,696
	2-2	17,298	17,298	8,871	-0,005	-1,033
	3-3	"	"	"	0,005	1,033
	4-4	16,017	13,105	7,467	5,561	7,696
1	1-1	16,049	22,934	9,752	-4,155	-14,851
	2-2	18,850	25,485	10,35	-0,435	-1,468
	3-3	"	"	"	0,435	1,468
	4-4	16,017	22,934	9,752	4,155	14,851

Portique transversal Central

Niv	POT	Mmap	Minf	T(t)	N(t)	Nc(t)
4	2-2	2,96	2,021	1,647	-1,907	-1,947
	3-3	"	"	"	1,947	1,947
3	1-1	8,467	6,927	4,051	-2,095	-2,095
	2-2	10,155	9,115	5,071	-1,332	-3,279
	3-3	"	"	"	1,332	3,279
	4-4	8,467	6,927	4,051	2,095	2,095
2	1-1	13,736	13,736	7,044	-5,146	-7,241
	2-2	16,318	16,318	8,368	-0,198	-3,477
	3-3	"	"	"	0,198	3,477
	4-4	13,736	13,736	7,044	5,146	7,241
1	1-1	15,967	19,913	9,20	-7,187	-14,428
	2-2	17,966	21,958	10,277	-0,017	-3,494
	3-3	"	"	"	0,017	3,494
	4-4	15,967	19,913	9,20	7,187	14,428

METHODE DE Superposition

Les Combinaisons des charges verticales et des charges sismiques à prendre en Compte pour le Calcul des éléments structuraux sont selon le R.P.A. 81 :

POTEAUX :

0,8 G ± SI
G + P ± 1,2 SI

POUTRES :

. G + P ± SI
. 0,8G ± SI

MOMENTS EN TRAVEE : " M_t "

. Sous $G + 1,2P$ ⟶ $M_t = M_0(G+1,2P) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$

. Sous $G + P \pm SI$ ⟶ $M_t = M_0(G+P) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \pm M_t(SI)$

. Sous $0,8G \pm SI$ ⟶ $M_t = 0,8\left(M_0(G) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}\right) \pm M_t(SI)$

MOMENTS AUX APPUIS : " $M_a = M_e$ (ou M_w)

. Sous $G + 1,2P$ ⟶ $M_a = M_a(G) + 1,2\,M_a(P)$

. Sous $G + P \pm SI$ ⟶ $M_a = M_a(G) + M_a(P) \pm M_a(SI)$

. Sous $0,8G \pm SI$ ⟶ $M_a = 0,8\,M_a(G) \pm M_a(SI)$

EFFORTS TRANCHANTS :

. Sous $G + 1,2P$ ⟶ $T = T(G) + 1,2\,T(P)$

. Sous $G + P \pm SI$ ⟶ $T = T(G) + T(P) \pm T(SI)$

. Sous $0,8G \pm SI$ ⟶ $T = 0,8\,T(G) \pm T(SI)$

PORTIQUE TRANS CENTRAL : MOMENTS en TRAVEE pour les POUTRES

NIVEAU	TRAVEE	ℓ (m)	$\frac{M_e + M_w}{2}$ sous "G"	$\frac{M_e + M_w}{2}$ sous "P"	M_o (t.m)		M_t (t.m)		
					G	P	G+1,2P	G+P	0,8G
4	2-3	2,55	0,583	0,130	1,661	0,366	1,517	1,443	0,745
3	1-2	6,95	7,710	1,195	18,313	2,717	13,863	13,32	6,940
	2-3	2,55	3,57	0,860	1,328	0,914	- 1,144	- 1,327	- 2,507
	3-4	6,95	7,71	1,195	18,313	2,717	13,863	13,32	6,940
2	1-2	6,95	6,515	2,685	16,815	6,792	18,451	17,093	6,940
	2-3	2,55	3,04	1,460	1,723	1,178	0,097	- 0,138	- 1,660
	3-4	6,95	6,515	2,685	16,815	6,792	18,451	17,093	6,940
1	1-2	6,95	6,515	2,685	16,815	6,792	18,451	17,093	6,940
	2-3	2,55	3,04	1,460	1,723	1,178	0,097	- 0,138	- 1,660
	3-4	6,95	6,515	2,685	16,815	6,792	18,451	17,093	6,940
0	1-2	6,70	7,685	12,685	14,589	24,241	35,983	31,135	3,976
	2-3	2,30	3,700	4,900	1,926	0,714	- 0,817	- 1,060	- 2,160
	3-4	6,70	7,685	12,685	14,589	24,241	35,983	31,135	3,976

- COMBINAISONS des MOMENTS -

Portique transversal de rive

Niveaux	Travées	G + 1,2 P			G + P + $\overrightarrow{SI}$			G + P + $\overleftarrow{SI}$			0,8 G + $\overrightarrow{SI}$			0,8 G + $\overleftarrow{SI}$		
		Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me
3	1-2	-3,5	8,05	-6,04	5,9	6,4	-12,4	-12,7	9,2	0,6	6,9	3,7	-10,6	-11,7	6,5	2,4
	2-3	-3,3	-1,3	-3,3	1,6	-1,4	-7,9	-7,9	-1,4	1,6	2,6	-1,5	-6,9	-6,9	-1,5	2,6
	3-4	-6,1	8,1	-3,5	0,6	9,2	-12,7	-12,4	6,4	5,9	2,4	6,5	-11,7	-10,6	3,5	6,9
2	1-2	-5,9	13,1	-8,6	17,4	9,9	-26,4	-28,7	14,6	9,8	19,3	4,7	-23,5	-26,7	9,6	12,8
	2-3	-3,7	-0,5	-3,7	4,8	-0,6	-11,9	-11,9	-0,6	4,8	6,1	-0,95	-10,6	-10,0	-0,95	6,1
	3-4	-8,6	13,1	-5,9	9,8	14,8	-28,7	-26,4	9,9	17,4	12,8	9,6	-26,7	-23,5	4,7	19,3
1	1-2	-5,9	13	-8,6	22,5	10,6	-33	-33,9	14,1	16,4	24,5	5,4	-30,1	-31,9	8,9	19,4
	2-3	-3,7	-0,5	-3,7	7,8	-0,6	-14,9	-14,9	-0,6	7,8	9,14	-0,95	-13,6	-13,6	-0,95	9,14
	3-4	-8,6	13	-5,9	16,4	14,1	-33,9	-33	10,5	22,5	19,4	8,9	-31,9	-30,1	5,4	24,5
0	1-2	-12,68	19,47	-13,57												
	2-3	-5,64	4,73	-5,64												
	3-4	-13,57	19,47	-12,68												

Portique transversal central

Niveaux	Travées	G + 1,2 P			G + P + $\overrightarrow{SI}$			G + P + $\overleftarrow{SI}$			0,8 G + $\overrightarrow{SI}$			0,8 G + $\overleftarrow{SI}$		
		Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me
4	2-3	-0,74	1,5	-0,74	2,2	1,4	-3,6	-3,6	1,4	2,2	2,5	0,86	-3,4	-3,38	0,86	2,5
3	1-2	-6,2	13,9	-12,08	2,4	12,6	-18,8	-14,5	14,03	4,7	4,3	7,8	-15,2	-12,7	9,2	1,1
	2-3	-4,6	-1,1	-4,6	0,7	-1,3	-9,6	-9,6	-1,3	0,7	2,3	-1,8	-8,0	-8,0	-1,8	2,3
	3-4	-12,1	13,9	-6,2	4,7	14,03	-14,5	-18,8	12,6	2,4	1,1	9,2	-12,7	-15,2	7,8	4,3
2	1-2	-8,1	18,4	-11,4	13,0	15,47	-28,2	-28,3	18,7	0,6	16,3	6,6	-23,3	-25	9,86	11,3
	2-3	-4,8	0,1	-4,8	3,5	-0,14	-12,5	-12,5	-0,14	3,5	5,6	-1,1	-10,5	-10,4	-1,1	5,6
	3-4	-11,4	18,4	-8,1	3,6	18,7	-28,2	-25,2	15,5	13	11,3	9,9	-25	-20,5	6,6	16,3
1	1-2	-8,1	18,4	-11,4	22,1	14,0	-34,25	-34,3	20,2	12,7	25,4	5,1	-29,6	-34	11,4	17,4
	2-3	-4,8	0,1	-4,8	6,3	-0,14	-15,3	-15,3	-0,14	6,3	8,4	-1,1	-13,2	-13,2	-1,1	8,4
	3-4	-11,4	18,4	-8,1	12,7	20,2	-37,3	-34,2	14,0	22,1	17,4	11,4	-34	-23,6	5,13	25,4
0	1-2	-22,16	35,98	-23,67												
	2-3	-9,58	6,53	-9,58												
	3-4	-23,67	35,98	-22,16												

– COMBINAISONS des MOMENTS pour Les Poutres –

Portique longitudinal central.

NIVEAUX	Travées	G + 1,2 P			G + P + $\vec{S}I$			G + P + $\overleftarrow{S}I$			0,8 G + $\vec{S}I$			0,8 G + $\overleftarrow{S}I$		
		Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me
4	1-2	-0,18	0,32	-0,43	0,98	1,134	-1,226	-1,34	0,496	0,37	1,01	0,071	-1,14	-1,3	0,433	0,45
	2-3	-0,41	0,26	-0,40	0,36	0,126	-1,18	-1,18	0,25	0,38	0,44	0,21	-1,10	-1,10	0,2	0,46
	3-4	-0,40	0,25	-0,42	0,38	0,25	-1,20	"	"	0,36	0,46	0,20	-1,12	-1,10	"	0,44
	4-5	-0,44	0,34	-0,20	0,34	0,62	-1,34	-1,22	0,06	1,14	0,43	0,55	-1,50	-1,13	-0,007	1,18
3	1-2	-0,72	0,96	-1,17	4,71	0,13	-4,95	-6,15	1,78	2,61	4,86	-0,06	-4,71	-6,09	1,61	2,84
	2-3	-1,21	0,82	-1,23	2,44	0,84	-4,93	-4,86	0,79	2,47	2,69	0,68	-4,68	-4,62	0,63	2,72
	3-4	-1,23	0,81	"	2,47	0,81	-4,93	-4,93	0,81	"	2,72	0,65	-4,69	-4,69	0,65	"
	4-5	"	1,08	"	"	1,03	-4,84	-4,93	1,12	2,38	"	0,82	-4,62	-4,69	0,91	2,63
	5-6	"	1,02	-0,8	2,58	1,50	-5,38	-4,84	0,55	3,77	2,63	1,29	-5,21	-4,60	0,34	3,93
2	1-2	-0,56	0,77	-0,93	+10,7	-0,80	-9,05	-11,8	2,32	7,20	10,78	-0,96	-8,86	-11,7	2,17	7,37
	2-3	-0,95	0,65	-0,97	7,17	0,62	-9,02	-9,07	0,69	7,08	7,36	0,49	-8,82	-8,88	0,56	7,27
	3-4	-0,97	0,64	"	7,08	0,64	"	-9,02	0,64	"	7,26	0,52	"	-8,82	0,52	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,82	-0,61	"	2,30	-11,76	"	-0,65	10,4	"	2,14	-11,4	"	-0,82	10,51
1	1-2	-0,56	0,77	-0,93	15,10	-1,55	-11,95	-16,22	3,09	10,1	15,2	-1,7	-11,8	-16,1	2,93	10,3
	2-3	-0,95	0,65	-0,97	10,1	0,63	-11,93	-11,97	0,68	9,99	10,3	0,49	-11,7	-11,8	0,55	10,2
	3-4	-0,97	0,64	"	9,99	0,64	-11,94	-11,94	0,64	10	10,2	0,52	-11,74	-11,74	0,52	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,82	-0,61	10	3,0	-15,91	"	-1,34	14,7	"	2,83	-15,8	"	-1,51	14,8
0	1-2	-3,05	5,07	-3,84												
	2-3	-4,08	5,26	-4,14												
	3-4	-4,14	5,25	-4,14												
	4-5	"	"	"												
	5-6	-4,14	5,42	-3,27												

– COMBINAISONS des MOMENTS pour les Poutres –

Portique longitudinal de rive

NIVEAUX	Travées	G + 1,2 P			G + P + $\overrightarrow{SI}$			G + P + $\overleftarrow{SI}$			0,8 G + $\overrightarrow{SI}$			0,8 G + $\overleftarrow{SI}$		
		Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me
3	1-2	0,59	1,12	1,58	-4,53	0,14	4,74	5,71	2,10	-1,58	-4,65	-0,08	4,42	5,6	1,88	-1,9
	2-3	1,50	0,89	1,42	-1,56	0,91	4,51	4,56	0,88	-1,67	-1,86	0,73	4,23	4,26	0,70	-1,95
	3-4	1,42	0,94	"	-1,67	0,94	"	4,51	0,94	"	-1,95	0,75	4,21	4,23	0,75	"
	4-5	1,42	0,88	1,54	-1,7	0,88	4,63	4	0,88	-1,56	"	0,70	4,32	"	0,70	-1,86
	5-6	1,64	1,22	0,64	-1,45	-0,59	5,68	4,73	3,02	-4,14	-1,78	-0,84	5,55	4,4	2,78	-4,53
2	1-2	0,80	1,13	1,35	-11,11	-0,54	9,92	12,71	2,80	-7,22	-11,3	-0,77	9,65	12,55	2,57	-7,49
	2-3	1,40	0,94	1,42	-7,17	0,92	9,93	9,97	0,97	-7,09	-7,45	0,73	"	9,69	0,78	-7,38
	3-4	1,42	"	"	-7,09	0,94	"	9,93	0,94	"	-7,38	0,75	"	9,65	0,75	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,21	0,87	"	2,6	12,6	"	-0,4	-10,8	-7,4	2,55	12,4	"	-0,62	-1,1
1	1-2	0,82	1,12	1,35	-14,7	-0,94	12,7	16,3	3,18	10,05	-14,8	-1,16	12,5	16,1	2,95	-10,3
	2-3	1,40	0,95	1,42	-10	0,9	"	12,78	0,99	-9,88	-10,3	0,71	12,44	12,5	0,80	-10,16
	3-4	1,42	0,94	"	-9,87	0,94	12,72	"	0,94	- "	-10,2	0,75	"	12,44	0,75	-10,2
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,20	0,90	"	3,23	16,2	12,72	-0,82	-14,28	-10,16	2,99	16,05	"	-1,06	-14,64
0	1-2	-3,63	5,64	-4,69												
	2-3	-4,9	5,8	-4,94												
	3-4	-4,94	"	"												
	4-5	"	"	"												
	5-6	"	6,03	-3,91												

PORTIQUE LONG CENTRAL

COMBINAISONS des EFFORTS TRANCHANTS

NIVEAU	TRAVEE	G + 1,2.P		G + P + $\overrightarrow{SI}$		G + P + $\overleftarrow{SI}$		0,8.G + $\overrightarrow{SI}$		0,8.G + $\overleftarrow{SI}$	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
4	1-2	0,55	-0,67	0,10	-1,12	1,00	-0,22	-0,01	-0,98	0,89	-0,09
	2-3	0,63	-0,63	0,29	-0,98	0,98	-0,29	0,16	-0,86	0,85	-0,16
	3-4	0,63	-0,64	0,28	-0,98	0,97	-0,29	0,16	"	0,85	-0,16
	4-5	0,69	-0,57	0,22	-1,04	1,16	-0,10	0,08	-0,93	1,02	0,01
3	1-2	1,77	-1,99	-0,34	-4,10	3,88	+0,12	-0,63	-3,70	3,52	0,52
	2-3	1,94	-1,95	0,31	-3,58	3,57	-0,32	-0,08	-3,19	3,18	0,07
	3-4	"	-1,94	0,29	-3,59	3,59	-0,29	-0,10	-3,20	3,20	0,10
	4-5	"	"	0,31	-3,57	3,57	-0,31	-0,08	-3,18	3,18	0,08
	5-6	2,04	-1,84	0,22	-3,66	3,86	-0,02	-0,19	-3,25	3,45	0,35
2	1-2	1,40	-1,58	-3,03	-6,01	5,83	+2,25	-2,31	5,69	5,55	3,17
	2-3	1,53	-1,54	-2,06	-5,13	5,12	+2,05	-2,37	-4,82	4,84	2,36
	3-4	1,54	-1,54	-2,04	-5,12	5,12	2,04	-2,36	-4,81	4,81	2,35
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,62	-1,45	-2,61	-5,68	5,85	2,70	-2,83	-5,39	5,53	3,07
1	1-2	1,40	-1,58	-4,71	-7,69	7,51	4,53	-4,99	-7,37	7,23	4,85
	2-3	1,53	-1,54	-3,35	-6,42	6,41	3,34	-3,66	-6,11	6,10	3,65
	3-4	1,54	-1,54	-3,33	-6,41	6,41	3,33	-3,64	-6,10	6,10	3,64
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,62	-1,45	-4,22	-7,29	7,46	4,39	-4,54	-7,10	7,14	4,68
0	1-2	6,12	-6,54								
	2-3	6,53	-6,55								
	3-4	6,54	-6,54								
	4-5	6,54	-6,54								
	5-6	6,74	-6,33								

T = tête du poteau — M_x = moment en Kmes suivant x
b = base du poteau — M_y = moment en Kmes suivant y

POTEAU II-2 : COMBINAISONS DES EFFORTS

NIV	Sect	G + 1,2 P			G + P + 1,2 SI$_\ell$			G + P − 1,2 SI$_\ell$			G + P + 1,2 SI$_t$			G + P − 1,2 SI$_t$		
		M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)
4	T	+0,76	0	4,64	2,58	0	4,35	-1,16	0	4,65	0,71	3,55	6,83	0,71	-3,55	2,16
	b	-3,82	0	5,49	-2,31	0	5,22	-5,27	0	5,52	-3,84	2,42	7,71	-3,84	-2,42	3,04
3	T	-3,60	0	25,84	3,86	0	24,68	-10,86	0	24,93	-3,50	12,19	29,74	-3,50	-12,19	20,17
	b	-3,33	0	26,62	3,72	0	25,76	-10,04	0	26,01	-3,16	10,94	29,82	-3,16	-10,94	21,35
2	T	-3,23	0	48,40	8,28	0	46,82	-15,59	0	46,15	-3,16	19,57	50,66	-3,16	-19,58	42,31
	b	-3,33	0	49,18	8,28	0	47,80	-15,59	0	47,23	-3,16	19,58	51,74	-3,16	-19,58	43,39
1	T	-3,68	0	74,26	10,43	0	68,50	-13,33	0	67,83	-3,45	21,56	72,36	-3,45	-21,56	63,97
	b	-1,67	0	78,34	15,38	0	69,58	-18,54	0	68,91	-1,58	26,35	73,44	-1,58	-26,35	65,05
0	T	+12,46	0	112,34												
	b	-6,32	0	118,10												

POTEAU I-2 : COMBINAISONS DES EFFORTS

NIV	Sect	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)	M_x	M_y	N(t)
4	T															
	b															
3	T	6,21	0	16,02	13,46	0	15,73	-1,36	0	15,73	6,05	10,16	18,22	6,05	-10,16	13,22
	b	4,03	0	17,10	11,22	0	16,81	-3,60	0	16,81	3,81	8,31	19,32	3,81	-8,31	14,32
2	T	4,03	0	34,42	16,82	0	33,38	-9,20	0	33,38	3,81	16,48	42,07	3,81	-16,48	24,70
	b	4,03	0	36,50	16,82	0	34,46	-9,20	0	34,46	3,81	16,48	43,15	3,81	-16,48	25,77
1	T	4,03	0	58,83	17,32	0	51,03	-10,30	0	51,03	3,81	19,16	69,34	3,81	-19,16	33,72
	b	2,02	0	53,90	20,08	0	52,11	-16,27	0	52,11	1,91	23,90	69,42	1,91	-23,30	34,80
0	T	-18,85	0	94,31												
	b	9,93	0	95,04												

T = tête du poteau - Mx = moment sens transversal
b = base du poteau - My = moment sens long

POTEAU I-2 : COMBINAISONS DES EFFORTS

		0,8 G + SIℓ			0,8 G - SIℓ			0,8 G + SIt			0,8 G - SIt		
Niv	St	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
4	T	2,2	0	3,02	-1,09	0	3,27	0,47	2,96	3,14	0,47	-2,96	1,19
	b	-1,48	0	3,90	-4,03	0	4,14	-2,75	2,02	4,07	-2,75	-2,02	2,07
3	T	3,62	0	16,80	-8,64	0	17,01	-2,51	10,16	16,90	-2,51	-10,16	13,62
	b	3,90	0	17,90	-7,57	0	18,09	-1,84	9,12	17,98	-1,84	-9,12	14,70
2	T	8,52	0	29,80	-12,20	0	29,85	-1,84	16,32	29,52	-1,84	-16,32	26,05
	b	8,52	0	30,90	-12,20	0	30,32	-1,84	16,32	30,61	-1,84	-16,32	27,30
1	T	9,73	0	42,43	-13,40	0	41,87	-1,84	17,97	42,15	-1,84	-17,97	38,65
	b	13,22	0	43,51	-15,06	0	42,95	-0,92	21,96	43,23	-0,92	-21,96	39,74
0	T												
	b												

POTEAU I-2 : COMBINAISONS DES EFFORTS

Niv	St	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
4	T												
	b												
3	T	10,39	0	11,43	-1,96	0	11,43	4,22	8,46	11,42	4,22	-8,47	9,337
	b	8,35	0	12,51	-4,01	0	12,51	2,17	6,93	12,51	2,17	-6,93	10,42
2	T	13,01	0	22,54	-8,68	0	22,54	2,17	13,74	22,54	2,17	-13,74	15,30
	b	13,01	0	23,62	-8,68	0	23,62	2,17	13,74	23,62	2,17	-13,74	16,40
1	T	13,32	0	33,64	-9,60	0	33,41	2,17	15,97	33,64	2,17	-15,97	48,07
	b	16,23	0	34,72	-14,06	0	34,72	1,09	13,92	34,72	1,09	-13,92	49,15
0	T												
	b												

POTEAU II-4 : COMBINAISONS DES EFFORTS

Niv	St	G + 1,2 P			G + P + 1,2 SI ℓ			G + P - 1,2 SI ℓ			G + P + 1,2 SI t			G + P - 1,2 SI t		
		Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
3	T	-2,78	0	11,28	2,75	0	13,15	-8,21	0	8,80	-2,73	13,48	12,20	-2,73	-13,48	9,74
	b	-2,52	0	12,36	2,24	0	14,23	-6,72	0	9,87	-2,24	11,03	13,28	-2,24	-11,03	10,82
2	T	-2,61	0	27,49	6,20	0	33,85	-11,24	0	19,33	-2,52	20,76	27,83	-2,52	-20,76	25,35
	b	-2,32	0	28,57	6,48	0	34,93	-10,96	0	20,41	-2,24	20,76	28,91	-2,24	-20,76	26,43
1	T	-2,61	0	43,7	7,12	0	56,47	-12,16	0	27,94	-2,52	22,60	43,97	-2,52	-22,59	40,45
	b	-1,16	0	44,77	14,22	0	57,55	-16,46	0	23,02	-1,12	22,18	45,05	-1,12	-22,18	41,53
0	T	+3,662	0	69,97												
	b	-4,831	0	70,705												

POTEAU I-4 : COMBINAISONS DES EFFORTS

Niv	St	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
3	T	3,5	0	8,62	9,47	0	10,64	-2,63	0	6,30	3,42	11,17	11,03	3,42	-11,17	5,91
	b	2,76	0	9,70	6,99	0	11,72	-1,67	0	7,40	2,66	8,40	12,12	2,66	-8,40	6,99
2	T	3,11	0	21,10	12,68	0	28,11	-6,70	0	13,10	2,99	19,22	29,80	2,99	-19,22	11,32
	b	2,76	0	22,16	11,22	0	29,20	-5,90	0	14,10	2,66	15,73	30,87	2,66	-15,73	12,40
1	T	3,10	0	33,65	12,63	0	47,42	-6,65	0	18,10	2,99	19,22	50,58	2,99	-19,22	14,94
	b	1,33	0	34,73	17,89	0	48,50	-15,23	0	19,17	1,33	27,52	51,66	1,33	-27,52	16,02
0	T	-14,41	0	56,00												
	b	7,21	0	56,74												

T = tête du poteau - Mx = moment en deux sens
b = base du poteau My = moment en deux sens

POTEAU II-4 COMBINAISONS DES EFFORTS

NIV	S±	0,8G + SIℓ			0,8G - SIℓ			0,8G + SIt			0,8G - SIt		
		Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
3	T	2,58	0	9,36	-6,55	0	5,73	-1,98	11,234	7,54	-1,98	-11,24	6,52
	b	2,26	0	10,44	-5,21	0	6,81	-1,47	9,19	8,62	-1,47	-9,19	7,60
2	T	5,61	0	23,74	-8,92	0	11,64	-1,66	17,30	17,70	-1,66	-17,30	16,65
	b	5,80	0	24,82	-8,74	0	12,72	-1,47	17,30	18,77	-1,47	-17,30	17,74
1	T	6,38	0	39,72	-9,69	0	15,94	-1,65	19,83	27,83	-1,65	-18,83	26,36
	b	12,05	0	40,80	-13,52	0	17,02	-0,74	23,48	28,92	-0,74	-23,48	27,44
0	T												
	b												

POTEAU I-4 COMBINAISONS DES EFFORTS

NIV	S±	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)	Mx	My	N(t)
3	T	7,46	0	8,00	-2,63	0	4,38	2,42	9,31	6,19	2,42	-9,31	4,06
	b	5,33	0	9,08	-1,88	0	5,47	1,73	7,00	7,27	1,73	-7,00	5,14
2	T	10,02	0	20,66	-6,13	0	8,07	1,94	16,02	14,37	1,94	-16,02	6,67
	b	8,86	0	21,74	-5,4	0	9,15	1,73	13,10	15,45	1,73	-13,10	7,75
1	T	9,98	0	36,85	-6,10	0	10,62	1,94	16,02	22,63	1,94	-16,02	7,78
	b	14,66	0	35,93	-12,93	0	11,50	0,86	22,94	23,71	0,86	-22,34	8,16
0	T												
	b												

T = tête du poteau - Mx = moment en sens transversal
b = base du poteau - My = moment en sens long

FERRAILLAGE DES POUTRES

Armatures Longitudinales :

Les poutres seront ferraillées à la flexion simple (on ne fait pas état dans les calculs des efforts normaux A.M15 CCBA)

La section d'acier sera déterminée par la plus défavorable des sollicitations du 1er genre (max SP1) et du second genre (max SP2) :

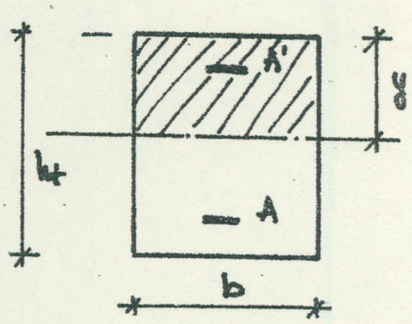
- Si $1,5\ M(SP1) > M(SP2)$ ⟶ A sera calculée sous SP1
- Si $1,5\ M(SP1) < M(SP2)$ ⟶ A sera calculée sous SP2

On prendra la plus grande des deux quantités d'acier:

A1 = Section nécessaire par le calcul.
A2 = Section minimale imposée par le R.P.A 81" Art 4.2.3.2.1

Exposé de la Méthode de Calcul :

$$\alpha = \frac{n\bar{\sigma}'_b}{n\bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}_a} \quad ; \quad \beta = 1 - \alpha/3 \quad ; \quad K = \frac{1}{2}\bar{\sigma}'_b \cdot \alpha \cdot \beta$$



$$M_{rb} = K.b.h^2$$

si $M_{rb} > M_f \Rightarrow A' = 0$ et $A = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot \beta}$

si $M_{rb} < M_f \Rightarrow \Delta M = M_f - M_{rb}$

$$A' = \frac{\Delta M}{\bar{\sigma}'_b (h - d')} \quad \text{avec} \quad \bar{\sigma}'_a = n\bar{\sigma}'_b \cdot \frac{y - d'}{y}.$$

$$A = \frac{M_{rb}}{\bar{\sigma}_a \cdot \beta \cdot h} + \frac{\Delta M}{\bar{\sigma}_a (h - d')}.$$

Armatures transversales :

Elles seront calculées pour l'effort tranchant sous SP1 seulement comme l'indique l'art. 24.3 du C.C.B.A 68

Vérification de la Contrainte de cisaillement max.

Calcul des espacements

$$S = \frac{A_t \cdot \beta \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} \quad \text{avec} \quad A_{t\min} = 0,003 \cdot S.b \quad (R.P.A\ 81)$$

. L'espacement maximum des Cours est donné par l'article 4.2.3.2.2 du R.P.A 81

Vérifications :

1- Vérification des Contraintes :

- Sans armatures Comprimées.
- Avec armatures Comprimées.

2- Condition de non fragilité : $A_{min} \geq 0{,}69 \cdot b.h. \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{eu}}$

3- Fissuration : $\max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a$

avec $\sigma_1 = \frac{K.\rho}{\phi} \cdot \frac{\omega_3}{1+10\omega_3}$ et $\omega_2 = 2{,}4\sqrt{\frac{K.\rho.\sigma_b}{\phi}}$

4- Fléche :

- $h_t^{min} \geq \frac{l_{max}}{16}$
- $h_t^{min} \geq \frac{l_{max}}{10} \cdot \frac{M_t^{max}}{M_0}$
- $M^{max} \leq \frac{43}{\sigma_{eu}} . b.h$

Si les trois Conditions Sont vérifiées, il n'est pas nécéssaire de vérifier la flèche. Art 8.4 CCBA 68.

7- Condition de non entrainement des barres : Art 20.11. CCBA68

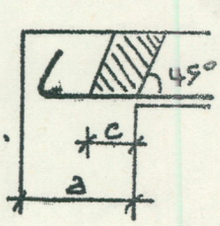
$\bar{\tau}_d = 2.\Psi_d.\bar{\sigma}_b = 3.\bar{\sigma}_b$ ($\Psi = 1.5$ pour B.H.A)

$\tau_d = \frac{T_{max}}{n p . z}$ avec $p = \pi\phi$; n = nombre de barres.

6- Conditions aux appuis :

- Contrainte de Compression simple de la bielle :

$\sigma'_b = \frac{T\sqrt{2}}{b_0 \cdot \frac{c}{\sqrt{2}}} = \frac{2T}{b_0 c} \leq \bar{\sigma}'_{b_0} \longrightarrow c \geq \frac{2T}{b_0 . \bar{\sigma}'_{b_0}} = C_0$



- Vérification des armatures inferieures :

$A.\bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z}$

7- Condition de non écrasement du béton : art 30.6.2. CCBA68

$\tau \geq 0{,}1\ \phi \frac{\bar{\sigma}_a}{\sigma_{bo}} (1 + \frac{\phi}{d}) \nu$

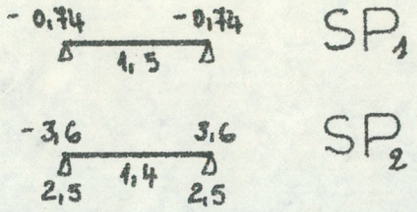
8- Résistance à l'effort tranchant :

$\tau_{bmax} = \frac{T_{max}}{b.z} \leq \bar{\tau}_b$ avec :

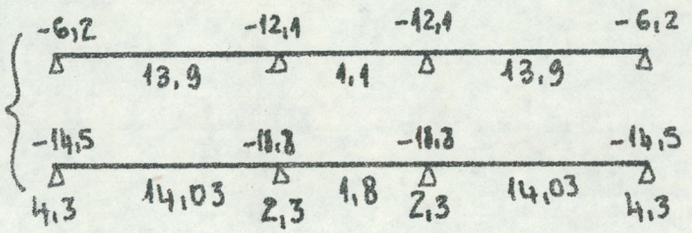
$\begin{cases} \bar{\tau}_b = 3{,}6\ \bar{\sigma}_b & \text{si } \sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b_0} \\ \bar{\tau}_b = (4{,}5 - \frac{\sigma'_b}{\sigma'_{b_0}})\bar{\sigma}'_b & \text{si } \bar{\sigma}'_{b_0} < \sigma'_b < 2\bar{\sigma}'_{b_0} \end{cases}$

- Portique transversal central -

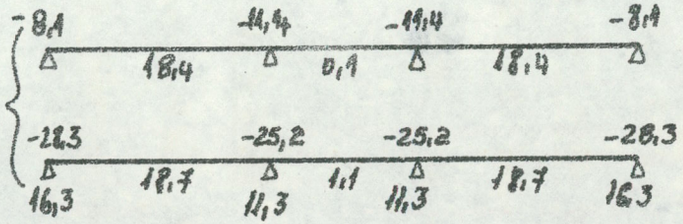
Niveau 4



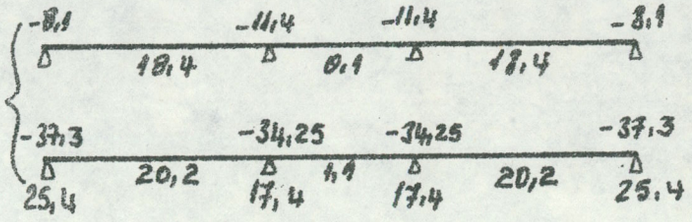
Niveau 3



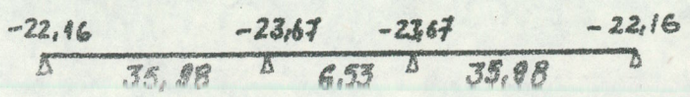
Niveau 2



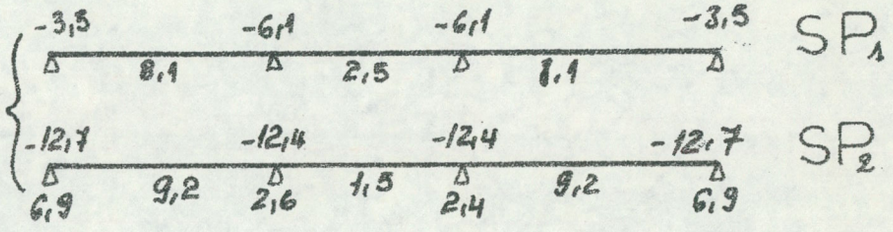
Niveau 1

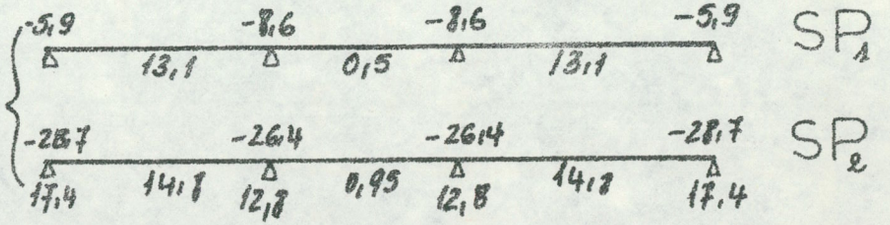


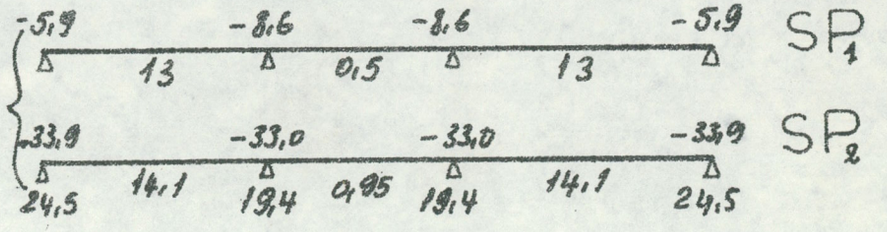
Niveau 0

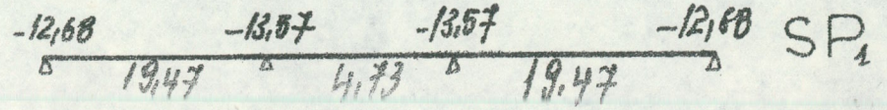


- Portique transversal dérive -

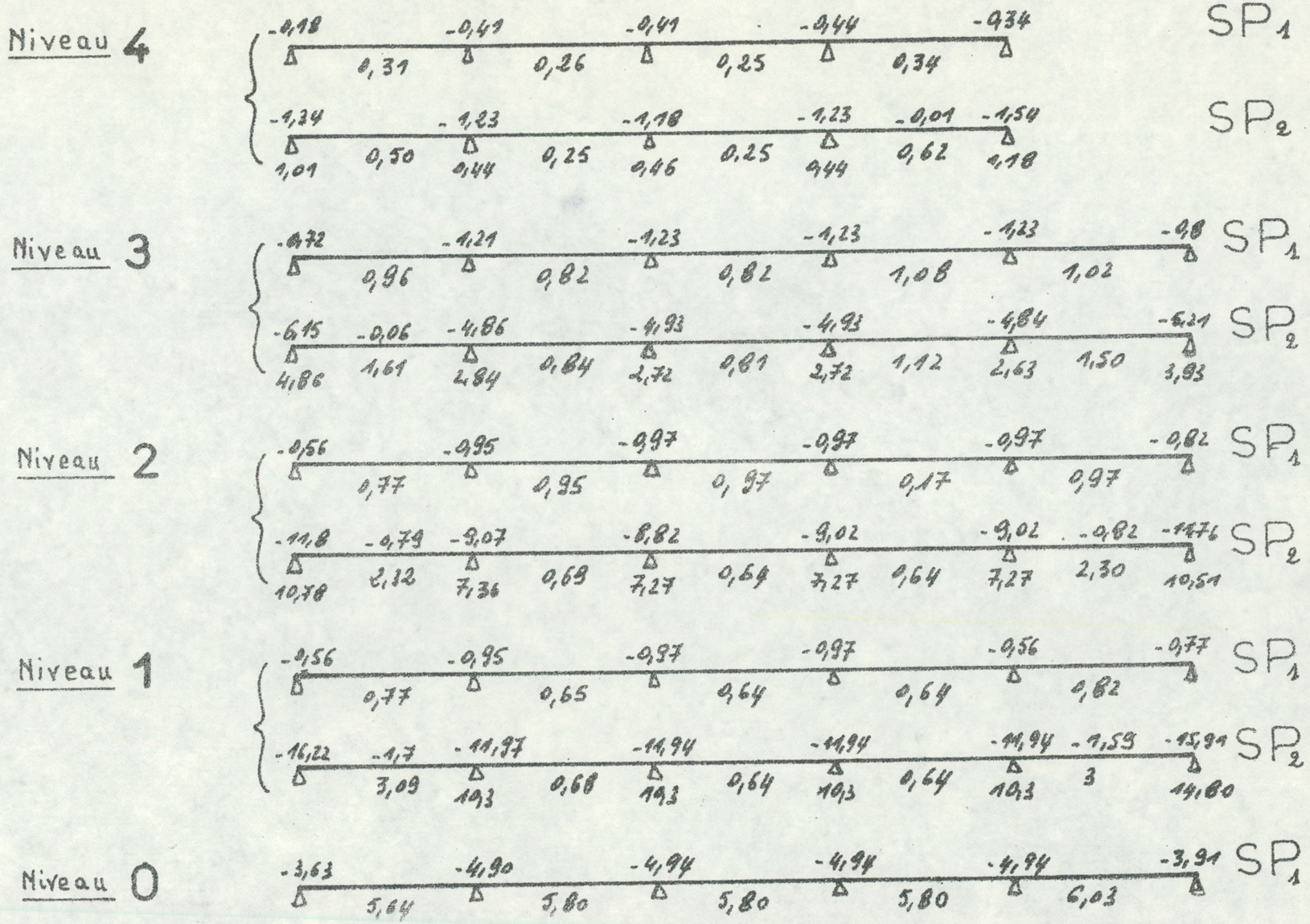






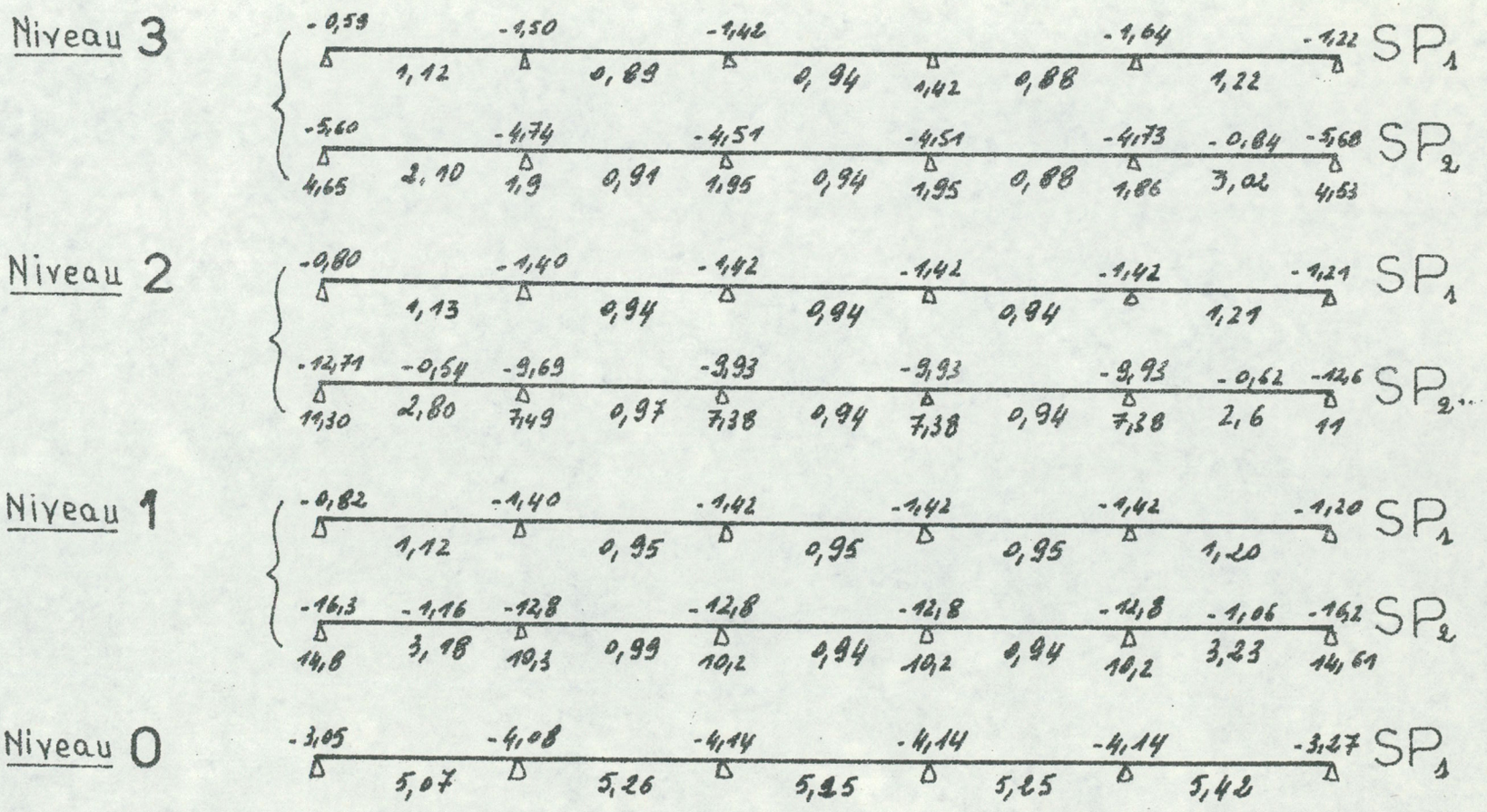


- PORTIQUE LONGITUDINAL CENTRAL -



- Portique longitudinal de rive -

Moments en travées et sur appuis



PORTIQUES TRANSVERSAUX

Calcul des Armatures (sur appui et en travée)

		MOMENTS POSITIFS					MOMENTS NEGATIFS				
NIV	Section	Mtl (t.m)	y (cm)	Mtb (t.m)	A'/A	Section adoptée	Mtl (t.m)	y (cm)	Mtb (t.m)	A'/A	Section adoptée
3	1,4	6,90	25,8	44,54	0/3,41	4T14	12,70	25,8	44,54	0/6,3	5T14
	2,3	2,60	"	"	0/1,29	4T14	12,40	"	"	0/6,13	4T14
	a,c	12,15	"	29,70	0/9,02	6T14					
	b						3,75	"	29,70	0/1,3	4T14
2	1,4	17,40	30,5	62,21	0/7,28	4T16	28,70	30,5	62,21	0/12,01	6T16
	2,3	12,80	"	"	0/5,36	4T16	26,40	"	"	0/11,1	6T16
	a,c	19,65	"	41,48	0/12,34	8T16					
	b						0,95	"	"	0/0,73	4T16
1	1,4	24,50	30,5	62,21	0/10,26	6T16	33,9	"	"	0/14,19	8T16
	2,3	19,40	"	"	0/8,12	6T16	33,0	"	"	0/13,8	8T16
	a,c	19,50	"	41,48	0/12,4	8T16					
	b						0,95	"	"	0/0,73	6T16
0	1,4						12,68	"	41,48	0/7,96	4T16
	2,3						13,57	"	"	0/8,52	5T16
	a,c	19,47	30,55		0/10,47	6T16					
	b	4,73	17,4	13,44	0/5,22	4T16					
NIV	Section	Mtl (t.m)	y (cm)	Mtb (t.m)	A'/A	Section adoptée	Mtl (t.m)	y (cm)	Mtb (t.m)	A'/A	Section adoptée
3	1,4	4,30	25,8	44,54	0/2,13	4T14	14,50	25,8	44,54	0/7,17	5T14
	2,3	2,30	"	"	0/1,14	4T14	18,80	"	"	0/9,30	8T14
	a,c	20,85	"	29,70	0/15,47	8T16					
	b						1,80	"	"	0/1,38	4T14
2	1,4	16,30	30,5	62,21	0/6,82	4T16	28,30	30,5	62,21	0/11,85	6T16
	2,3	11,30	"	"	0/4,73	3T16	25,20	"	"	0/10,55	6T16
	a,c	27,60	"	41,48	0/13,10	8T16					
	b						1,10	"	"	0/0,84	4T16
1	1,4	25,40	30,5	62,21	0/10,63	6T16	37,30	30,5	62,21	0/15,61	8T16
	2,3	17,40	"	"	0/7,28	4T16	34,25	"	"	0/14,34	8T16
	a,c	27,60	"	41,48	0/13,1	8T16					
	b						1,10	"	"	0/0,84	4T16
0	1,4						22,16	30,5	62,21	0/13,92	8T16
	2,3						23,67	"	"	0/14,86	8T16
	a,c	35,98	30,55		0/21	4DT16 2T14					
	b	6,53	17,4	20,16	0/7,50	4T16					
4	2,3						3,60	17,4	20,16	0/2,65	3T14
	b	2,25	17,4	20,16	0/1,65	3T14					

PORTIQUE LONGITUDINAL. D-D

CALCUL des SECTIONS (Appuis et travées)

		MOMENTS POSITIFS					MOMENTS NEGATIFS				
N°y	Section	M_{tt} (t.m)	y (cm)	M_{ab} (t.m)	A'/A	Section adoptée	M_{tt} (t.m)	y (cm)	M_{ab} (t.m)	A'/A	Section adoptée
3	1,6	4,65	17,4	19,08	0/3,51	3T14	5,68	17,4	19,08	0/4,89	3T14
	2,3 4,5	1,95	"	"	0/1,47	3T14	4,74	"	"	0/3,58	3T14
	a,e	3,02	"	"	0/2,28	3T14	0,84	"	"	0/0,63	3T14
	b,c,d	1,41	17,4	13,44	0/1,60	3T14					
2	1,6	11,30	17,4	19,08	0/8,54	5T16	12,71	17,4	19,08	0/9,64	5T16
	2,3 4,5	7,49	"	"	0/5,66	4T16	9,93	"	"	0/7,51	4T16
	a e	2,80	"	"	0/2,12	3T14	0,62	"	"	0/0,47	3T14
	b,c,d	1,41	"	13,44	0/1,60	3T14					
1	1,6	14,80	17,4	19,08	0/11,20	6T16	16,30	17,4	19,08	0/12,32	8T16
	2,3 4,5	10,3	"	"	0/7,80	6T16	12,80	"	"	0/9,67	5T16
	a,e	3,23	"	"	0/2,44	3T14	1,16	"	"	0/0,88	3T14
	b,c,d	1,43	"	13,44	0/1,62	3T14					
0	1,6						3,91	17,4	13,44	0/4,49	3T14
	2,3 4,5						4,91	"	"	0/5,68	3T16
	a,e	6,03	"	13,44	0/6,65	4T16					
	b,c d	5,80	"	"	0/6,40	4T16					

Verification des contraintes

Portique longitudinal C-C

NIV	Section	Sollic	Mt (t.m)	A=A'	y cm	I (cm⁴)	K	σ'b	σa
4	1,6	SP2	1,54	4,62	9,74	63885,6	2,41	23,48	985,68
	2,3,4	SP2	1,23	4,62	9,74	//	1,93	18,75	787,26
	a,b,c	SP2	0,62	4,62	9,74	//	0,97	9,45	396,83
3	1,6	SP2	6,15	6,16	10,7	81640,98	7,53	80,60	2071,76
	2,3 4,5	SP2	4,93	4,62	9,74	63885,6	7,72	75,16	3155,45
	a,e	SP2	1,61	4,62	9,74	//	2,52	24,56	1030,48
	b,c,d	SP1	1,62	4,62	9,74	//	//	//	//
2	1,6	SP2	11,80	10,05	12,4	107934,3	10,9	135,28	3473,27
	2,3 4,5	SP2	9,07	7,70	11,5	86681,8	10,5	119,91	3757,47
	a,e	SP2	2,32	4,62	9,74	63885,6	3,63	35,37	1484,9
	b,c,d	SP1	1,46	4,62	9,74	//	2,29	22,26	934,47
1	1,6	SP2	16,22	12,06	13,0	125502,7	11,4	133,73	3436,3
	2,3 4,5	SP2	11,97	12,06	13,0	//	9,54	123,89	3206,1
	a,e	SP2	3,09	4,62	9,74	63885,6	4,84	47,11	1977,8
	b,c,d	SP1	0,98	4,62	9,74	//	1,53	14,94	627,26
0	1,6	SP1	3,91	4,62	9,74	63885,6		59,61	2502,60
	2,3 4,5	SP1	4,95	6,03	10,6	80174,1		65,63	2442,5
	a,e	SP1	6,03	8,04	11,6	102334,7		68,41	2244,13
	b,c,d	SP1	5,80	8,04	11,6	102334,7		65,80	2158,53

PORTIQUE TRANSVERSAL V-V

Verification des contraintes et fissuration

Niv	Section	Sollic	$M^{(-)}$ / $M^{(+)}$	A' / A	y	I (cm⁴)	σ'_b	σ_a	σ_1
4	1,4								
	2,3	SP_2	3,6 / 0	4,62 / 4,52	9,76	63817,3	55,06	2304,96	3501,33
	a,c								
	b	SP_2	0 / 9,25	4,52 / 4,62	10,07	63951,54	35,48	1423,28	3501,33
3	1,4	SP_2	14,5 / 4,3	7,70 / 6,16	15,52 / 13,66	2389027,3 / 2019101	94,20 / 28,10	3685,3 / 1352,5	4164,04 / 3501,33
	2,3	SP_2	18,8 / 2,3	10,77 / 6,16	17,88 / 12,98	3097089,33 / 2055902,8	109,1 / 14,50	3461,85 / 720,8	5310,0 / 3501,33
	a,c	SP_1	0 / 20,85	4,52 / 16,08	21,71	407193,5	111,2	2633,70	5 / 6017,96
	b	SP_2	1,8 / 0	6,16 / 4,52	11,36	80143,2	25,51	863,80	5088,11
2	1,4	SP_2	28,3 / 16,3	12,06 / 8,04	20,37 / 16,1	4733361 / 3524014	121,8 / 74,5	4002,5 / 3398,7	4301,0 / 3170,35
	2,3	SP_2	25,2 / 11,3	12,06 / 8,04	20,37 / 16,10	4659751,9 / 3524014	112,97 / 51,63	3578,2 / 2352,0	4301,0 / 3170,35
	a,c	SP_1	0 / 27,6	4,52 / 18,1	25,11	617516,1	112,23	2674,3	5642,55
	b	SP_2	1,1 / 0	8,04 / 4,52	12,68	98070,6	14,28	409,17	6017,96
1	1,4	SP_2	37,3 / 25,4	16,08 / 12,06	22,03 / 18,52	6047337 / 4984253	135,9 / 94,4	3975,6 / 3552,36	5234,4 / 4301,0
	2,3	SP_2	34,25 / 17,4	16,08 / 8,04	23,02 / 15,30	5969220,6 / 3199297,5	134,5 / 74,1	3679,03 / 3610,3	5234,4 / 3170,35
	a,c	SP_1	0 / 27,6	4,52 / 18,1	25,11	617516,13	112,23	2674,34	5642,55
	b	SP_2	1,1 / 0	8,04 / 4,52	12,68	98070,60	14,28	409,20	6017,96
0	1,4	SP_1	22,61 / 0	14,1 / 4,52	22,7	5158411,5	99,5	2781,1	6194,6
	2,3	SP_1	23,67 / 0	16,08 / 4,52	23,96	5681711,5	99,8	2564,6	6685,1
	a,c	SP_1	0 / 35,98	23,18 / 4,52	27,64	7312212,5	136,0	2757,5	8052,3
	b	SP_1	0 / 6,53	8,04 / 4,52	12,68	98070,6	84,43	2429,0	6017,96

PORTIQUE TRANSVERSAL VI.VI

Verification des contraintes et Fissuration

NIV	Section	Sollic	M(-) / M(+)	A' / A	y	I (cm4)	σ'_b	σ_a	σ_1
3	1,4	SP2	12,7 / 6,9	7,7 / 6,61	15,40 / 14,44	239793,76 / 213983,1	81,56 / 45,52	3225,40 / 2027,10	4164,04 / 3701,87
	2,3	SP2	12,4 / 2,6	6,16 / 6,61	13,87 / 13,87	199688,17 / 199688,17	86,13 / 86,13	3924,21 / 3924,21	3501,33 / 3501,33
	a,c	SP1	0 / 12,15	4,52 / 9,23	- / 17,25	274124,00	77,30	2604,78	4166,42
	b	SP1	3,75 / 0	6,16 / 4,52	11,36	80143,20	53,15	1799,59	5814,98
2	1,4	SP2	28,7 / 17,4	12,06 / 8,04	20,37 / 16,10	473336,11 / 352401,4	123,51 / 79,49	4059,11 / 3624,69	4301,0 / 3170,55
	2,3	SP2	26,4 / 12,8	12,06 / 8,04	20,37 / 16,10	473336,11 / 352401,4	113,61 / 58,48	3733,81 / 2664,23	4301,0 / 3170,55
	a,c	SP1	0 / 19,65	4,52 / 14,07	22,70	515841,5	86,47	2417,01	4788,97
	b	SP2	0,95 / 0	8,04 / 4,52	12,68	98070,60	12,28	353,38	6017,96
1	1,4	SP2	33,9 / 24,5	16,08 / 12,06	22,03 / 18,12	604737,7 / 498485,4	123,49 / 94,03	3613,18 / 3427,87	5284,37 / 4301,0
	2,3	SP2	33 / 19,4	14,07 / 10,05	21,26 / 17,42	539727,24 / 426694,27	129,99 / 79,20	4011,53 / 3244,89	4788,97 / 3764,06
	a,c	SP1	0 / 19,5	4,52 / 14,07	22,70	515841,5	86,47	2417,01	4788,97
	b	SP2	0,95 / 0	8,04 / 4,52	12,68	98070,60	12,28	353,38	6017,96
0	1,4	SP1	12,68 / 0	8,04 / 4,52	17,90	336176,23	67,52	2664,80	4301,00
	2,3	SP1	13,57 / 0	10,05 / 4,52	19,71	400457,06	66,79	2302,06	5016,84
	a,c	SP1	0 / 19,47	4,52 / 12,06	21,29	460112,66	90,09	2774,43	5642,55
	b	SP1	0 / 4,73	4,52 / 8,04	12,68	98070,60	64,16	1759,45	6017,96

_ Condition de non entrainement des barres _

Portique transversal central

Niv	St	SP_1 T(t)	z_0	nombre de barres	P_u	SP_1 τ_d	SP_2 T(t)	SP_2 τ_d
4	2,3	3,28	32,38	3T14	13,13	7,68	5,12	11,99
3	1,4	11,57	49,00	3T16	15,08	15,66	13,28	17,44
	2,3	13,26	47,60	3T16	15,08	18,47	15,02	20,92
2	1,4	13,92	56,35	4T16	20,11	12,28	18,32	10,84
	2,3	14,86	//	4T16	//	13,11	19,20	16,94
1	1,4	13,92	//	4T16	//	12,28	20,36	17,97
	2,3	14,86	//	4T16	//	13,11	21,24	18,74
0	1,4	25,85	//	4T16	//	22,81		
	2,3	26,31	//	4T16	//	23,22		

Portique transversal de rive

Niv	St	SP_1 T(t)	z_0	nombre de Barres	P_u	SP_1 τ_d	SP_2 T(t)	SP_2 τ_d
3	1,4	6,62	49,00	3T16	15,08	8,96	8,61	11,65
	2,3	7,35	//	3T16	//	9,95	9,32	12,61
2	1,4	10,35	56,35	4T16	20,11	9,13	15,54	13,71
	2,3	11,13	//	4T16	//	9,92	16,29	14,38
1	1,4	10,35	//	4T16	//	9,13	17,14	15,13
	2,3	11,13	//	4T16	//	9,92	17,89	15,79
0	1,4	14,79	//	4T16	//	13,05		
	2,3	15,06	//	3T16	15,08	17,72		

$$\tau_d = 2 . \psi_d \bar{\sigma}_b \quad ; \quad z_0 = \frac{7}{8} h \; ; \quad P_u = n . \pi . \phi$$

— Verification des Armatures Inferieures sous SP_2 et SP_1 —

Portique transversal central

Niv	S^t =	M ^{SP_2} (t.m)	T ^{SP_2} (t)	$\frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\frac{2}{3}\bar{\sigma}_a}$	A ^{SP_2} (cm^2)	M ^{SP_1} (t.m)	T ^{SP_1} (t)	$\frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\frac{2}{3}\bar{\sigma}_a}$
4								
	2on3	2,50	5,12	3,057	4,62	-0,74	3,28	0,70
3	1,4	4,3	13,38	5,280	8,04	-6,20	11,57	0,20
	2on3	2,3	15,02	4,727	10,05	-12,1	13,26	—
2	1,4	16,3	18,32	11,25	14,07	-8,10	13,92	—
	2on3	11,3	19,20	9,35	14,07	-11,4	14,86	—
1	1,4	25,4	20,36	15,58	16,08	-8,10	13,92	—
	2on3	17,4	21,24	12,61	16,08	-11,4	14,86	—
0	1,4					-22,16	25,85	—
	2on3					-23,67	26,31	—

Portique transversal derive

3	1,4	6,90	8,61	5,40	6,61	-3,5	6,62	0,15
	2on3	2,60	9,32	3,48	6,61	-6,1	7,35	-1,24
2	1,4	17,40	15,56	11,05	14,07	-5,9	10,35	-0,04
	2on3	12,80	16,29	9,29	14,07	-8,6	11,13	—
1	1,4	24,50	17,14	14,43	16,08	-5,9	10,35	—
	2,3	19,40	17,89	12,46	16,08	-8,6	11,13	—
0	1,4					-12,68	14,79	—
	2,3					-13,57	15,06	—

_ Vérification de la Résistance à l'effort tranchant _

Portique transversal central

Niv	$S_{=}^{t}$	SP_2 T(t)	σ'_b	σ'_{b_0}	β	$b=b_0$	τ_b	$\bar{\tau}_b$
4	2,3	5,12	55,06	123,9	32,38	30	5,27	37,28
3	1,4	13,38	94,20	//	49,00	//	9,10	//
	2,3	15,02	109,14	//	47,60	//	10,52	//
2	1,4	18,32	121,79	//	56,35	//	10,84	//
	2,3	19,20	112,97	//	56,35	//	11,36	//
1	1,4	20,36	135,88	//	56,35	//	12,04	30,85
	2,3	21,24	134,49	//	56,35	//	12,56	24,24
0	1,4							
	2,3							

Portique transversal de rive

Niv	$S_{=}^{t}$	SP_2 T(t)	σ'_b	σ'_{b_0}	β	$b=b_0$	τ_b	$\bar{\tau}_b$
4	1,4	8,61	81,56	123,9	49,00	30	5,86	37,28
	2,3	9,32	86,13	//	//	//	6,34	//
2	1,4	15,54	123,5	//	56,35	//	9,19	//
	2,3	16,29	113,6	//	//	//	9,64	//
1	1,4	17,14	123,5	//	//	//	10,14	//
	2,3	17,89	130,0	//	//	//	10,58	30,90
0	1,4							
	2,3							

— Calcul des espacements pour les poutres —

Portique transversal central

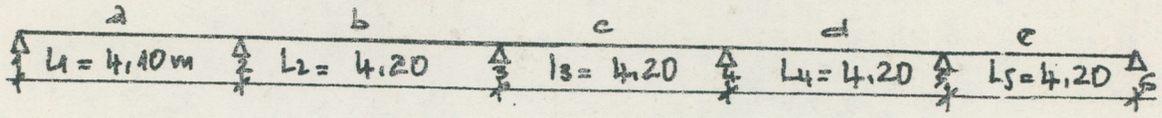
Niv	$s_t^=$	T_{max}	σ'_b	τ_b	$\bar{\tau}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	At	t_{calcul}	t: adopté	
									zone nodale	zone courante
4	2;3	3,28	55,06	3,38	24,85	1600	3,14	49,60	10	20
3	1;4	11,57	94,20	7,87	24,33	"	"	21,28	15	"
	2;3	13,26	109,14	9,29	22,42	"	"	18,03	"	"
2	1;4	13,92	121,79	8,23	22,79	"	"	20,34	"	"
	2;3	14,86	112,97	8,79	22,79	"	"	19,05	"	"
1	1;4	13,92	135,88	8,23	20,74	"	"	20,34	"	"
	2;3	14,86	134,49	8,79	21,66	"	"	19,05	"	"
0	1;4	25,85	99,50	15,29	23,40	"	"	10,95	10	"
	2;3	26,31	99,82	15,56	23,37	"	"	10,76	10	"

Portique transversal de rive

Niv	$s_t^=$	T_{max}	σ'_b	τ_b	$\bar{\tau}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	At	t_{calcul}	t: adopté	
									zone nodale	zone courante
3	1;4	6,62	81,56	4,50	24,20	1600	3,14	37,19	15	20
	2;3	7,35	86,13	5,00	24,38	"	"	33,49	"	"
2	1;4	10,35	123,51	6,12	22,66	"	"	27,35	"	"
	2;3	11,13	113,61	6,58	23,41	"	"	25,44	"	"
1	1;4	10,35	123,49	6,12	21,76	"	"	27,35	"	"
	2;3	11,13	129,99	6,58	22,03	"	"	25,44	"	"
0	1;4	14,79	67,52	8,75	24,85	"	"	19,14	"	"
	2;3	15,06	66,79	8,91	24,85	"	"	18,80	"	"

CALCUL DES POUTRES NOYEES

Ce sont les poutres longitudinales des niveaux 0,1;2.



Pour le calcul des efforts, on utilise la méthode des 3 moments.

$$M_{i-1}\cdot\frac{l_i}{I_i} + 2M_i\left(\frac{l_i}{I_i} + \frac{l_{i+1}}{I_{i+1}}\right) + M_{i+1}\cdot\frac{l_{i+1}}{I_{i+1}} = -6\left[\frac{M_i\cdot\alpha_i}{I_i\cdot l_i} + \frac{M_{i+1}\cdot\beta_{i+1}}{I_{i+1}\cdot l_{i+1}}\right] \quad (1)$$

Sollicitation	charge perman. q_g (t/ml)	Surcharge q_p (t/ml)	$q = q_g + 1{,}2\,q_p$
Poutre-Niv 0 30×30	1,17	1,08	2,47
Poutre-Niv 1-2 20×20	0,66	0,36	1,09

La relation (1) nous les equations suivantes:

$$8{,}2\,M_1 + 4{,}2\,M_2 = -17{,}23\,q$$
$$4{,}1\,M_1 + 16{,}6\,M_2 + 4{,}2\,M_3 = -35{,}75\,q$$
$$4{,}2\,M_2 + 16{,}8\,M_3 + 4{,}2\,M_4 = -37{,}04\,q$$
$$4{,}2\,M_3 + 16{,}8\,M_4 + 4{,}2\,M_5 = -37{,}04\,q$$
$$4{,}2\,M_4 + 16{,}8\,M_5 + 4{,}2\,M_6 = -37{,}04\,q$$
$$4{,}2\,M_5 + 8{,}4\,M_6 = -18{,}52\,q$$

La résolution de la matrice nous donne:

Moments	M_{G1}	M_{G2}	M_{G3}	M_{G4}	M_{G5}	M_{G6}
Niveau 0	−3,36	−3,97	−3,65	−3,63	−3,63	−3,63
Niveau 1-2	−1,48	−1,57	−1,61	−1,60	−1,60	−1,60

Niveau 0:

Travée	Mw	Me	Mt	Tw	Te
1-2	3,36	3,97	4,33	5,01	5,11
2-3	3,97	3,65	1,84	5,17	5,21
3-4	3,65	3,63	1,81	5,19	5,18
4-5	3,63	3,63	1,82	5,19	5,19
5-6	3,63	3,63	1,82	5,19	5,19

Niveau 1-2

Mw	Me	Mt	Tw	Te
1,48	1,57	0,77	2,21	2,26
1,57	1,61	0,70	2,28	2,30
1,61	1,60	0,69	2,29	2,29
1,60	1,60	0,69	2,29	2,29
1,60	1,60	0,69	2,29	2,29

ferraillage

Sections	Mfl	Mrb	Acalculé	Aadopté	b.choisie	Mfl	Mrb	Acalculé	Aadopté	Barres choisies
1 ; 6	3,63	7,13	3,72	6,16	4 T14	1,48	2,82	3,70	4,62	3T14
2;3;4;5	3,65	"	3,75	"	"	1,61	"	4,03	"	"
a ; e	1,82	"	2,87	3,39	3T12	0,77	"	1,93	3,39	3T12
b;c;d	1,84	"	2,90	"	"	0,70	"	1,75	"	"
		Niveau 0						Niveau 1-2		

Verification des Contraintes et fissuration

Niveau 0

Section	Mfl	A	y	I	σb	σa	σ1
1; 6	3,63	6,16	9,34	39009,06	86,91	2463,04	4370,66
2;3;4;5	3,65	"	"	"	87,39	2478,62	"
a; e	1,82	3,39	7,25	24563,84	53,72	2194,99	3169,71
b;c;d	1,84	"	"	"	54,31	2219,11	"

Niveau 1-2

Sections	Mfl	A	y	I	σb	σa	σ1
1; 6	1,48	4,62	6,14	10217,75	88,94	2359,54	3501,33
2;3;4;5	1,61	"	"	"	96,75	2566,80	"
a; e	0,77	3,39	5,63	8041,76	58,79	1559,77	3169,71
b; c;d	0,70	"	"	"	53,45	1417,97	"

Verification à L'effort tranchant:

Niveau	T(t)	σb (kg/cm²)	τb (kg/cm²)	τ̄b (kg/cm²)
0	5,19	87,39	7,32	24,85
1;2	2,30	96,75	7,73	24,85

Armatures transversales:

Niveau	T (t)	τat (kg/cm²)	At (cm²)	t ≤ At·3·τat/T	t adop (cm)
0	5,19	1600	1,13	8,23	8
1-2	2,30	1600	0,84	8,69	8

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux et des moments fléchissants dans les deux sens.
On fera le calcul des sections sous les sollicitations suivantes:

(G + 1,2P) : SP1 } et on adoptera la section d'acier la
(0,8G + 1,2I) : SP2 } plus grande

La vérification des contraintes se fera avec les autres combinaisons sous SP2.

Les sollicitations qui sont prises en compte pour le calcul sont:

- $(N^{min} ; M^{cor})$ pour le calcul des armatures tendues donnée par 0,8G + 1,2I

$\begin{Bmatrix} N^{max} ; M^{cor} \\ N^{cor} ; M^{max} \end{Bmatrix}$ servent pour la vérification des contraintes.

Les poteaux sont ferraillés symétriquement comme le stipule le R.P.A.
Les conditions à remplir sont citées en Art 42.31.1 du R.P.A 81
La vérification de la résistance à l'effort tranchant. Art 4.2.2.1
Le calcul des armatures transversales et espacements: Art 4.2.3.1.2

Toutes les vérifications et calculs sont résumés dans les tableaux.

Conclusion:

On a obtenu un excés d'acier, donc la solution est d'augmenter la section du béton, ceci pour avoir un pourcentage d'acier d'environ 1,5 ÷ 2 %, On peut prendre 45 × 40 comme section du poteau du niveau "4" jusqu'au niveau "1".

METHODE DE CALCUL:

Les poteaux sont soumis à la flexion composée.

1- Section partiellement comprimée: ($e_0 > e_1$)

Le calcul se fait par la méthode du moment fictif:

Le Calcul se fait par la Méthode du Moment fictif:

$e_0 = \frac{M}{N}$; $e_1 = \frac{h_t}{6}$; $e_A = e_0 + \left(\frac{h_t}{2} - d\right)$

$M_{rb} = K.b.h^2$; $M_f = N.e_A$, $\Delta M = M_f - M_{rb}$

$$A' = \frac{\Delta M}{\sigma'_2 (h - d')} \quad \text{et} \quad \Delta A = \frac{M}{\sigma_a} \quad \text{et} \quad A = \frac{M_f}{\sigma_a \cdot z}$$

d'où : $A = A - \Delta A$ armatures tendus.

2. <u>Section entièrement Comprimée</u> : $e_0 < e_1$

On Utilise la Méthode de P. CHARON, On trouve un ferraillage négatif, donc On ferraillera notre avec le minimum préconisé par le R.P.A. 81 et on vérifiera les Contraintes.

POTEAU I.4 : Calcul des armatures Sous SP_2 et SP_1

Niv	S/	Mx	N	e₀	e₁		$\bar{\sigma}'_b$	Sollic	e_A	M_{tf}	M_{rb}	ΔM	σ'_a	R	A'	A
3	t	2,42	6,20	39,03	7,5	SP_2	247,8	PC	57,5	3,57	24,74	–		2,37	–	0,90
	b	1,73	7,27	23,8	〃	〃	〃	〃	42,3	3,07	〃	–		2,04	–	0,31
2	t	1,94	14,37	13,5	〃	〃	198,3	〃	32,0	4,60	17,76	–		3,05	–	–
	b	1,73	15,45	11,2	〃	〃	185,6	〃	29,7	4,60	16,2	–		3,04	–	–
1	t	1,94	22,63	8,60	〃	〃	171,3	〃	27,1	6,10	14,3	–		4,07	–	–
	b	0,86	23,71	3,62	〃	〃	143,9	E.C							–	–
3	t	9,47	10,64	89	7,5	〃	247,8	P.C	107,5	11,44	24,74	–		7,60	–	5,06
	b	6,99	11,72	59,64	〃	〃	〃	〃	78,14	9,16	〃	–		6,08	–	3,29
2	t	12,68	28,11	45,11	〃	〃	〃	〃	63,61	17,9	〃	–		11,87	–	5,17
	b	11,22	29,20	38,42	〃	〃	〃	〃	56,9	16,6	〃	–		11,03	–	4,08
1	t	12,63	47,42	26,63	〃	〃	〃	〃	45,13	21,4	〃	–		14,2	–	2,91
	b	17,89	48,50	36,9	〃	〃	〃	〃	55,4	26,87	〃	2,12	2944	17,8	1,76	6,28
3	t	3,50	8,62	40,6	7,5	SP_1	165,20	P.C	59,10	5,09	16,50	–		5,07	–	2,00
	b	2,76	9,70	28,45	〃	〃	〃	P.C	46,95	4,55	16,50	–		4,53	–	1,07
2	t	3,11	21,1	14,75	〃	〃	136,80	P.C	33,25	7,01	12,50	–		6,98	–	–
	b	2,76	22,16	12,45	〃	〃	128,30	P.C	30,95	6,86	11,40	–		6,83	–	–
1	t	3,11	33,65	9,24	〃	〃	116,55	P.C	27,74	9,33	9,85	–		9,30	–	–
	b	1,38	34,73	3,97	〃	〃	97,20	E.C								
0	t	14,41	56,00	25,7	11,66	〃	143,30	P.C	56,70	30,70	32,70	–		19,50	–	–
	b	7,21	56,74	12,71	〃	〃	112,60	P.C	41,71	23,70	22,70	0,91	1268	15,10	1,11	

(h_t = 45 cm) (b = 30 cm)

POTEAU I-4 : Calcul des armatures Sous SP2

Niv	Sect	My	N	e0	e1		σ̄b	Sollic	eA	Mf	MAb	ΔM	σ'a	A	A'	A
3	t	11,17	11,03	104,3	7,5	SP2	247,8	SPC	120	13,2	24,74	-		8,77	-	6,14
	b	8,39	12,11	69,3	"	"	"	"	87,2	10,6	"	-		7,05	-	4,17
2	t	19,22	29,80	64,5	"	"	"	"	83	24,73	"	-		16,4	-	9,32
	b	15,73	30,87	50,9	"	"	"	"	69,4	21,4	"	-		14,22	-	6,87
1	t	19,22	50,58	38,0	"	"	"	"	56,4	28,6	"	3,83	2944	18,96	3,17	6,90
	b	27,52	51,66	53,3	"	"	"	"	71,8	37,09	"	12,35	"	24,6	10,2	12,30
3	t	9,31	4,06	229,3	7,5	SP2	247,8	SPC	247,8	10,06	24,74	-		6,68	-	3,71
	b	6,99	5,14	135,99	"	"	"	"	154,5	7,94	"	-		5,30	-	4,05
2	t	10,02	6,67	240,2	"	"	"	"	258,7	13,25	"	-		11,45	-	9,86
	b	13,10	7,75	169,83	"	"	"	"	187,5	14,5	"	-		9,64	-	7,80
1	t	16,02	7,78	205,9	"	"	"	"	224,4	17,4	"	-		11,6	-	9,43
	b	22,93	8,86	258,8	"	"	"	"	277,3	24,51	"	-		16,3	-	14,20

POTEAU I-2 : Calcul des armatures Sous SP2

3	t	8,47	9,54	90,68	7,5	SP2	247,8	SPC	109,2	10,20	24,74	-		6,77	-	4,54
	b	6,93	10,42	66,51	"	"	"	"	85,01	8,86	"	-		5,88	-	3,40
2	t	13,74	15,3	89,8	"	"	"	"	108,3	16,7	"	-		10,99	-	7,35
	b	13,74	16,38	83,9	"	"	"	"	102,4	16,8	"	-		11,10	-	7,23
1	t	15,97	48,07	33,2	"	"	"	"	51,7	24,85	"	0,11	2944	16,9	0,09	5,05
	b	19,91	49,15	40,51	"	"	"	"	59,01	29	"	4,21	"	19,25	3,53	7,55
3	t	10,16	18,24	55,7	7,5	"	247,8	SPC	74,2	13,53	24,74	-		8,98	-	4,64
	b	8,31	19,32	43,01	"	"	"	"	61,51	11,88	"	-		7,88	-	3,29
2	t	16,48	42,07	39,17	"	"	"	"	57,67	24,26	"	-		16,10	-	8,09
	b	16,47	43,15	38,19	"	"	"	"	56,7	24,46	"	-		16,23	-	5,96
1	t	19,16	68,34	28,04	"	"	"	"	46,54	31,8	"	7,05	29467	21,11	5,84	4,84
	b	23,89	69,42	34,41	"	"	"	"	52,91	36,73	"	11,98	"	24,38	9,92	7,85

t = tête du poteau ht = 30 cm
b = base du poteau b = 45 cm

POTEAU I-2 : Calcul des armatures Sous SP_2 et SP_1

Niv	Sect	M_x	N	e_0	e_1		$\bar{\sigma}'_b$	Sollic	e_A	M_f	M_{rb}	ΔM	σ'_a	A_1	A'	A
3	t	13,46	15,73	85,57	7,5	SP_2	247,8	PC	104,1	16,4	24,74	–		10,9	–	7,12
	b	11,22	16,81	66,74	〃	〃	〃	〃	85,24	14,3	〃	–		9,51	–	5,51
2	t	16,82	33,38	50,39	〃	〃	〃	〃	68,9	23,0	〃	–		15,3	–	7,31
	b	16,82	34,46	48,8	〃	〃	〃	〃	67,3	23,2	〃	–		15,4	–	7,20
1	t	17,92	51,03	35,12	〃	〃	〃	〃	53,6	27,4	〃	2,6	2945,4	18,2	2,2	6,01
	b	20,08	52,11	38,53	〃	〃	〃	〃	57,03	29,7	〃	4,96	〃	19,7	4,44	7,31
3	t	4,22	9,34	45,2	7,5	〃	247,8	PC	63,7	5,95	24,74	–		3,95	–	1,73
	b	2,17	10,42	20,8	〃	〃	258,5	〃	39,3	4,1	23,42	–		2,72	–	0,23
2	t	2,17	15,3	14,2	〃	〃	202,1	〃	32,7	5,00	18,4	–		3,32	–	–
	b	2,17	16,38	13,2	〃	〃	196,6	〃	31,7	5,2	17,6	–		3,45	–	–
1	t	2,17	48,07	4,51	〃	〃	148,8	EC							–	–
	b	1,084	49,15	2,20	〃	〃	136,05	〃							–	–
3	t	6,21	16,02	38,76	7,5	SP_1	165,2	P.C	57,3	9,20	16,50	–		9,13	–	3,41
	b	4,03	17,10	23,57	〃	〃	〃	P.C	42,1	7,20	16,50	–		7,16	–	1,05
2	t	4,03	34,42	11,7	〃	〃	125,6	P.C	30,2	10,40	11,03	–		10,35	–	–
	b	4,03	35,50	11,35	〃	〃	124,3	P.C	29,85	10,60	10,86	–		10,55	–	–
1	t	4,03	51,83	7,62	〃	〃	110,6	P.C	26,12	13,80	9,09	4,70	1223,9	13,74	9,40	–
	b	2,02	53,90	3,74	〃	〃	96,35	E.C							–	–
0	t	19,85	94,10	21,1	11,67	〃	122,4	P.C	50,10	47,10	29,08	18,05	1537,3	30,06	18,30	–
	b	9,93	95,04	10,45	〃	〃	107,3	E.C							–	–

(h_t = 45 cm) (b = 30 cm)

POTEAU II.2 : calcul des armatures sous SP_2

NIV	Sect	M_y	N	e_0	e_1		$\bar{\sigma}_b$	Sollic	e_A	M_f	M_{rb}	ΔM	σ'_a	ℓ_f	A'	A
4	t	3,55	6,83	52	7,5	SP_2	247,8	SPC	70,5	4,81	24,74	–		3,20	–	1,57
	b	2,42	7,71	31,4	"	"	"	"	49,9	3,85	"	–		2,55	–	0,72
3	t	12,19	28,74	42,41	"	"	"	"	60,9	17,5	"	–		11,62	–	4,30
	b	10,94	29,82	36,7	"	"	"	"	55,2	16,46	"	–		10,92	–	3,82
2	t	19,58	50,66	38,65	"	"	"	"	57,2	28,95	"	4,20	2945,6	19,2	3,50	7,15
	b	19,58	51,74	37,84	"	"	"	"	56,34	29,15	"	4,40	"	19,35	3,64	7,03
1	t	21,56	72,36	29,8	"	"	"	"	48,30	34,94	"	10,2	"	23,2	8,44	5,96
	b	26,35	73,44	35,9	"	"	"	"	54,4	39,94	"	15,2	"	26,5	12,60	9,02
4	t	2,96	1,193	248,7	7,5	SP_2	247,8	SPC	267,2	3,20	24,74	–		2,11	–	1,83
	b	2,02	2,07	97,58	"	"	"	"	116,0	2,40	"	–		1,60	–	1,10
3	t	10,15	13,62	74,52	"	"	"	"	93,02	12,70	"	–		8,4	–	5,20
	b	9,12	14,70	62,04	"	"	"	"	80,54	11,84	"	–		7,86	–	4,36
2	t	16,32	26,05	62,64	"	"	"	"	81,14	21,14	"	–		14,03	–	7,83
	b	16,32	27,13	60,15	"	"	"	"	78,65	21,34	"	–		14,2	–	7,72
1	t	17,97	38,65	46,49	"	"	"	"	65,0	25,12	"	0,4	2944	16,60	0,31	7,5
	b	21,96	39,73	55,27	"	"	"	"	73,8	23,3	"	4,60	"	19,4	3,80	10,00

t = tête du poteau - b = base du poteau. ($h_t = 30$ cm)($b = 45$ cm)

POTEAU II.4 : Calcul des armatures Sous SP_2 et SP_1

Niv	St	M_x	N	e_0	e_1		$\bar{\sigma}'_b$	Sollic	e_A	M_{bf}	M_{rb}	ΔM	σ'_a	A	A'	A
3	t	2,75	13,15	20,9	7,5	SP_2	239,05	PC	39,4	5,20	23,5	–		3,44	–	0,31
	b	2,24	14,23	15,74	〃	〃	210,6	〃	34,24	4,87	19,5	–		3,23	–	–
2	t	6,20	33,85	18,32	〃	〃	224,8	〃	36,82	12,46	21,5	–		8,27	–	0,21
	b	6,48	34,93	18,55	〃	〃	226,1	〃	37,05	12,94	21,7	–		8,6	–	0,30
1	t	7,12	56,47	12,61	〃	〃	193,4	〃	31,11	17,57	17,21	0,36		11,66	0,24	–
	b	14,22	57,55	24,71	〃	〃	247,8	〃	43,21	24,87	24,74	0,12	2944,6	16,5	0,1	2,8
3	t	13,48	12,20	110,5	7,5	〃	247,8	P.C	129,0	15,74	24,74	–		10,44	–	7,54
	b	11,03	13,28	83,06	〃	〃	〃	〃	101,6	13,50	〃	–		8,95	–	5,80
2	t	20,76	27,83	74,6	〃	〃	〃	〃	93,1	25,90	〃	1,16	2944	17,20	0,96	10,57
	b	20,76	28,91	71,8	〃	〃	〃	〃	90,3	26,10	〃	1,36	〃	17,33	1,12	10,44
1	t	22,60	43,97	51,4	〃	〃	〃	〃	69,9	30,73	〃	6,00	〃	20,40	4,96	9,30
	b	28,18	45,05	62,5	〃	〃	〃	〃	81,05	36,50	〃	11,80	〃	24,20	9,75	13,51
3	t	2,78	11,28	24,64	7,5	SP_1	165,2	P.C	43,14	4,86	16,50	–		4,80	–	0,81
	b	1,52	12,36	20,4	〃	〃	157,5	P.C	38,9	4,81	15,40	–		4,80	–	0,40
2	t	2,61	27,49	9,49	〃	〃	117,5	P.C	28,0	7,70	9,97	–		7,66	–	–
	b	2,32	28,57	8,12	〃	〃	112,4	P.C	26,6	7,60	9,32	–		7,60	–	–
1	t	2,64	43,70	5,97	〃	〃	104,5	E.C							–	–
	b	1,16	44,77	2,60	〃	〃	92,17	E.C							–	–
0	t	9,66	69,97	13,8	〃	〃	115,2	P.C	42,8	29,95	23,6	6,4	1303,5	19,10	7,63	–
	b	4,83	70,71	6,83	〃	〃	98,75	EC								–

t = tête du poteau - b = base du poteau (h_t = 45 cm) (b = 30 cm)

POTEAU II-2 : Calcul des armatures Sous SP_2 et SP_1

Niv	$S^t_=$	M_x	N	e_0	e_1		$\bar{\sigma}'_b$	Sollic	e_A	M_f	M_{rb}	ΔM	σ'_a	A	A'	A
4	t	2,583	4,34	59,52	7,5	SP_2	247,6	SPC	78,02	3,38	24,74	-		2,24	-	1,22
	b	2,311	5,22	44,27	4	"	"	"	62,77	3,28	"	-		2,17	-	0,93
3	t	3,86	24,68	15,64	"	"	210,07	"	34,14	8,4	19,5	-		5,6	-	-
	b	3,71	25,76	14,4	"	"	203,2	"	32,9	8,5	18,53	-		5,62	-	-
2	t	9,28	46,82	19,82	"	"	233,1	"	38,3	17,9	22,66	-		11,9	-	0,76
	b	9,28	47,90	19,4	"	"	230,8	"	37,9	18,15	22,3	-		12,05	-	0,64
1	t	10,43	68,50	15,23	"	"	207,8	"	33,73	23,1	19,15	3,95	2403	15,33	4,01	-
	b	15,38	69,58	22,1	"	"	245,6	"	40,6	28,2	24,4	3,82	2915	18,7	3,2	2,20
4	t	0,74	4,61	16,05	7,5	SP_1	141,6	P.C	34,55	1,60	13,20	-		1,60	-	-
	b	3,92	5,49	71,4	"	"	165,2	P.C	89,90	4,94	16,50	-		4,90	-	2,95
3	t	3,57	25,54	13,98	"	"	133,95	P.C	32,50	8,30	12,10	-		8,21	-	-
	b	3,33	26,62	12,51	"	"	128,6	P.C	31,01	8,25	11,43	-		8,22	-	-
2	t	3,33	48,40	6,88	"	"	107,9	E.C							-	-
	b	3,33	49,48	6,73	"	"	107,3	E.C							-	-
1	t	3,68	71,26	5,16	"	"	101,6	E.C							-	-
	b	1,66	72,34	2,30	"	"	91,06	E.C							-	-
0	t	12,64	118,36	10,7	11,66	"	107,80	E.C							-	-
	b	6,32	119,10	5,31	"	"	95,15	E.C							-	-

(h_t = 45 cm) (b = 30 cm)

- Choix des armatures longitudinal de les poteaux -

Poteau I-2

Niv	dens	A sous SP1	A sous SP2	Amin R.P.A	Amax R.P.A	nombre de barres par Faces
3	L	3,11	4,69	12,50	54,00	2T16 + 3T14
	T	3,41	7,12	"	"	4T20 + 2T16
2	L	<0	7,35	"	"	2T20 + 3T16
	T	<0	7,31	"	"	3T20
1	L	9,40	7,63	"	"	5T25
	T	9,40	7,31	"	"	3T25 + 2T16
0	L	12,30	x	21	84	5T25
	T	12,30	x	21	84	3T25 + 2T16

Poteau I-4.

Niv	dens	A sous SP1	A sous SP2	Amin R.P.A	Amax R.P.A	nombre de barres par Faces
3	L	0,81	7,54	12,50	54	5T16
	T	0,00	3,70	"	"	3T16
2	L	<0	10,57	"	"	5T20
	T	<0	4,60	"	"	2T20 + 2T16
1	L	<0	12,51	"	"	5T25
	T	<0	5,04	"	"	2T25 + 2T16
0	L	7,63	x	21	84	5T25
	T	7,63	x	21	84	2T25 + 3T16

Poteau I-3

Niv	dens	A sous SP1	A sous SP2	Amin R.P.A	Amax R.P.A	nombre de barres par Faces
4	L	<0	1,83	12,50	54,00	5T14
	T	"	1,60	"	"	3T14
3	L	"	3,20	"	"	5T16
	T	"	20	"	"	2T16 + 1T14
2	L	"	7,63	"	"	5T20
	T	"	9,76	"	"	2T20 + 1T16
1	L	"	12,60	"	"	5T25
	T	"	2,20	"	"	2T25 + 1T16
0	L	"	x	21	84	5T25
	T	"	x	21	84	2T25 + 1T16

Poteau I-4.

Niv	dens	A sous SP1	A sous SP2	Amin R.P.A	Amax R.P.A	nombre de barres par Faces
3	L	2,00	6,14	12,50	54	5T16
	T	"	5,01	12,50	"	3T16
2	L	<0	9,85	"	"	5T20
	T	"	5,17	"	"	2T20 + 1T16
1	L	"	14,20	"	"	5T25
	T	"	5,20	"	"	2T25 + 1T16
0	L	"	x	21	84	5T25
	T	"	x	21	84	2T25 + 1T16

- Verification des contraintes Sous SPE -

Poteau I-1

Niv	Sens		M	N	e_0	A=A'	y	σ'_b	σ'_a	σ_a
3	L	t	11,17	11,05	101,3	13,05	9,82	178,16	1583,8	4403,2
		b	9,39	12,11	63,3	"	10,23	185,20	1834,7	3185,5
	T	t	9,47	10,64	88,0	6,03	13,77	145,8	1832,7	3435,7
		b	6,99	11,72	59,64	"	15,02	86,68	953,93	2268,9
2	L	t	13,28	23,80	64,5	13,70	11,58	245,10	2449	4583
		b	15,73	30,87	50,9	"	12,00	302,7	3027,6	3541
	T	t	12,68	24,11	45,8	8,03	13,88	159,8	1605	2823,4
		b	11,22	23,24	38,42	"	16,92	183,3	1458,9	2159
4	L	t	19,22	50,58	38,0	24,54	13,90	198,7	2123,5	3536,2
		b	23,52	51,61	53,3	"	13,10	277,4	2255,4	4110
	T	t	18,53	47,62	36,60	11,83	24,12	122,9	1636,4	1290,8
		b	13,33	26,63	34,9	"	20,98	32,10	448,2	1317,8

Poteau I-2

Niv	Sens		M	N	e_0	A=A'	y	σ'_b	σ'_a	σ_a
3	L	t	10,16	18,64	55,7	8,64	10,1	179,7	1648	4248,5
		b	9,31	13,32	43,41	"	10,62	146,3	1568	3178,3
	T	t	13,14	15,35	85,57	7,16	14,63	151,4	1660	4033,2
		b	11,22	16,81	66,74	"	15,40	137,7	1478	3188
2	L	t	15,18	42,07	39,17	12,31	11,9	245,2	2442	4359
		b	14,48	43,15	33,19	"	11,96	246,2	2458	4336
	T	t	11,92	32,38	59,33	3,42	17,9	170,4	1935	3239
		b	16,82	34,46	48,81	"	18,05	171,4	2001	3869
4	L	t	19,16	68,31	21,04	24,54	14,90	265,55	2257,2	2236
		b	23,9	69,42	34,41	"	14,20	260,1	2647	3185
	T	t	17,92	51,05	35,12	11,83	21,38	161,9	2059,7	2365
		b	20,08	58,11	34,53	"	20,67	137,02	2261,4	2759

- Verification des contraintes Sous SPS -

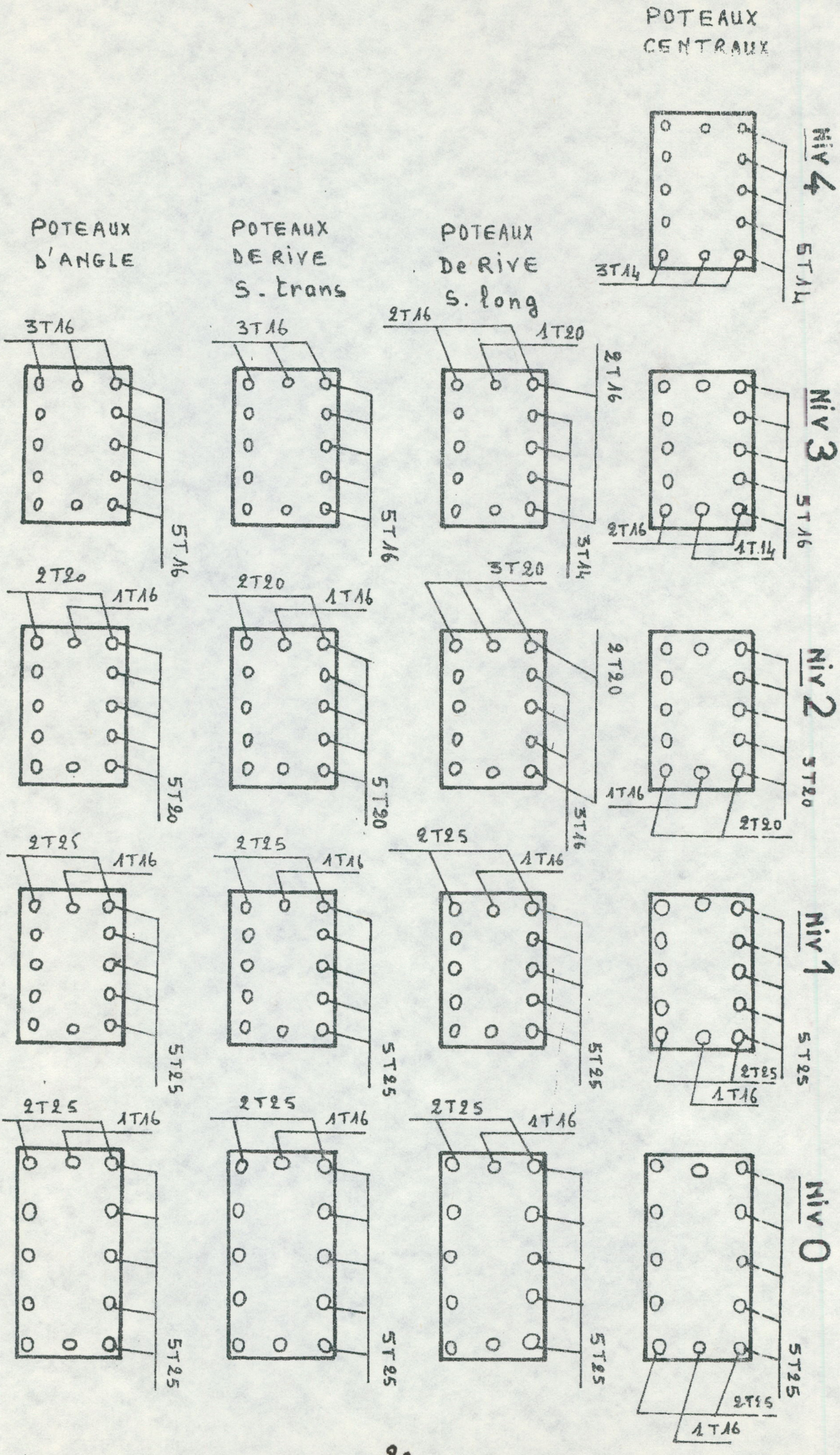
Poteau II-2

NIV	Sens		M	N	e_0	A=A'	y	σ'_b	σ'_a	σ_a
4	L	t	3,55	6,83	52,0	7,7	9,3	65,8	588,5	1605,9
		b	2,48	7,74	31,40	"	41,1	45,73	482,8	924,8
	T	t	2,59	4,31	59,52	4,62	13,81	36,2	381,6	1042,7
		b	2,31	5,22	44,27	"	15,16	32,56	359,6	931,6
3	L	t	18,2	28,34	46,41	10,85	44,1	155,8	1917,1	4023,7
		b	10,34	29,30	36,30	"	44,5	138,6	1746,5	3379,1
	T	t	3,96	21,68	15,64	5,56	29,5	51,2	663,8	2981,4
		b	3,71	25,74	14,40	"	31,50	43,5	614,5	2263,03
2	L	t	19,58	50,64	38,70	15,7	42,61	254,6	2612	4008
		b	13,58	51,74	37,84	"	45,66	261,6	2634	4434
	T	t	9,28	46,32	18,92	8,28	24,53	107,4	1368,1	877,3
		b	9,28	47,9	19,40	"	24,31	107,8	1376,4	814,5
1	L	t	21,56	78,36	29,90	24,54	47,06	278,8	2307,4	3450
		b	24,35	73,14	35,80	"	44,70	233,1	2045	2638
	T	t	10,43	68,5	15,23	14,83	33,84	144,6	1472,9	398,6
		b	15,38	69,6	22,40	"	24,51	153,70	1958,5	1253,6

Poteau II-4

NIV	Sens		M	N	e_0	A=A'	y	σ'_b	σ'_a	σ_a
3	L	t	11,23	6,52	172,2	10,05	9,47	136,1	1526,7	4610,5
		b	9,19	7,6	120,9	10,05	+9,67	114,3	1283,9	3689
	T	t	9,74	13,15	70,9	6,03	24,1	35,84	449,8	3791,3
		b	2,84	14,23	15,74	"	28,49	28,70	377,6	1465,3
2	L	t	17,3	16,65	103,9	15,7	44,01	216,13	2064	4413,9
		b	17,3	17,74	97,52	"	44,08	214,6	2057	4335
	T	t	6,20	33,85	18,32	8,29	23,96	72,34	969,9	506,2
		b	6,19	34,33	18,54	"	23,72	75,48	968,9	542,1
1	L	t	18,83	26,36	71,40	24,54	48,6	185,61	1899,1	2966
		b	23,49	27,41	85,60	"	48,34	223,6	2326,4	3805
	T	t	7,12	56,43	12,61	14,83	37,45	80,28	1074,4	444,15
		b	14,22	57,55	24,71	"	25,03	139,87	1742,8	1337,9

Ferraillage des poteaux



Vérification à la résistance de l'effort Tranchant

Pot	Niv	Sens	l_c (m)	a	b	λ	n	T_{cal} (t)	3 (m)	τ_b Kg/cm²
Poteau P-2	N-1 / N-2	t	2,34	45	30	18,01	2	5,375	35,87	9,30
		l	2,34	30	45	27,02	4	3,251	26,25	5,51
	N-2 / N-3	t	2,88	45	30	22,17	4	10,85	35,87	20,165
		l	2,88	30	45	33,25	4	6,897	26,25	11,68
Poteau P-4	N-3 / N-4	t	〃	45	30	22,17	2	8,871	35,87	13,69
		l	〃	30	45	33,25	〃	3,90	26,25	6,60
	N-0 / N-1	t	〃	45	30	22,17	〃	10,85	35,87	20,165
		l	〃	30	45	33,25	〃	5,60	26,25	9,48
Poteau P-3	N-3 / N-4	t	〃	45	30	22,17	2	7,462	37,87	13,88
		l	〃	30	45	33,25	〃	5,561	26,25	9,41
	N-0 / N-1	t	〃	45	30	22,17	〃	9,362	37,87	18,18
		l	〃	30	45	33,25	〃	6,899	26,25	11,68
Poteau P-4	N-3 / N-4	t	〃	45	30	22,17	2	7,462	37,87	13,88
		l	〃	30	45	33,25	〃	3,90	26,25	6,60
	N-0 / N-1	t	〃	45	30	22,17	〃	9,362	37,87	18,18
		l	〃	30	45	33,25	〃	5,60	26,25	9,48

$$\tau_b = \frac{n\, T_{cal}}{b \cdot 3}$$

b = largeur du poteau

T = effort tranchant de calcul

$\overline{\tau_b} = 0,15 \times \sigma'_{28} \Rightarrow \overline{\tau_b} = 40,5$ Kg/cm². ($\sigma'_{28} = 270$ bars)

Calcul des Espacements

Poteau	Niveau	t: RPA 81 zone nodale	t: RPA 81 zone courante	Sens	At (cm²)	T (t)	t: calculé zone nodale	t: adopté (cm) zone nodale	t: adopté (cm) Zone courante	At min (cm²) zone nodale	At min (cm²) zone courante
II-2	4-3	14	16,8	t	3,14	10,75	29,34	14	16	1,68	1,92
				l	//	6,50	30,76				
	2-1	15	19,2	t	//	21,70	14,53	14	16	1,68	1,92
				l	//	13,79	14,50				
II-4	3-2	15	19,2	t	//	17,74	17,80	15	18	1,80	2,16
				l	//	7,80	25,64				
	1-0	15	19,2	t	//	21,70	14,53	15	18	1,80	2,16
				l	//	11,20	17,86				
I-2	3-2	14	16,8	t	//	14,93	21,13	14	16	1,68	1,92
				l	//	11,12	17,98				
	1-0	15	19,2	t	//	19,50	16,18	15	18	1,80	2,16
				l	//	13,80	14,49				
I-4	3-2	15	19,2	t	//	14,93	21,13	15	18	1,80	2,16
				l	//	7,80	25,64				
	1-0	15	19,2	t	//	19,50	16,18	15	18	1,80	2,16
				l	//	11,20	17,86				

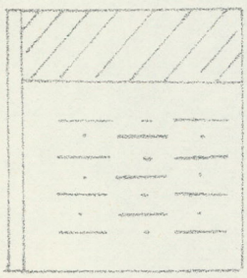
On prend des aciers à H.A d'où $\sigma_{at} = \rho_{at} \cdot \sigma_{en}$ avec $\sigma_{en} = 4200 Kg/cm^2$

on suppose qu'il y a reprise de betonnage donc $\rho_{at} = 2/3$.

$A_{t(min)} = 0,004 \cdot t \cdot b$ avec b = la plus petite dimension du POT

FONDATIONS

Le Sol sur lequel doit être fondé le bâtiment à pour caractéristiques :



0,60m : terres végétales, Argileuse, marron avec gros blocs, galets et graviers

2,40m : Argile bleutée, à jaune rose avec blocs et Galets.

$w = 14,26\%$; $\gamma_d = 1,78\ t/m^2$; $C = 3,8\ t/m^2$, $\varphi = 10°$

* Calcul de la Capacité portante du Sol :

$$\sigma_s = \gamma_h \cdot D + \frac{\beta\, \gamma_h N\gamma + \gamma_h \cdot D (N_q - 1) + 1,3\, C N_c}{F}$$

$\varphi = 10°$ Le tableau donne : $N\gamma = 1,00$, $N_q = 2,49$, $N_c = 8,45$

$\gamma_h = (1+w)\gamma_d = 2,034\ t/m^2$

d'où $\bar{\sigma}_s = 20 + 0,678\, \beta$ avec β : rayon moyen $= \frac{\text{Surface de la Semelle}}{\text{Périmètre de la Semelle}}$

Pour une semelle carrée : $\beta = \frac{B}{4} \Rightarrow \sigma_s = 20 + 0,170\, B$

Pour une semelle filante : $\beta = \frac{B}{2} \Rightarrow \sigma_s = 20 + 0,33\, B$

on prend $\bar{\sigma}_s = 20\ t/m^2 = 2\ kg/cm^2$.

* Le type de fondations retenu sont des semelles filantes sous poteaux

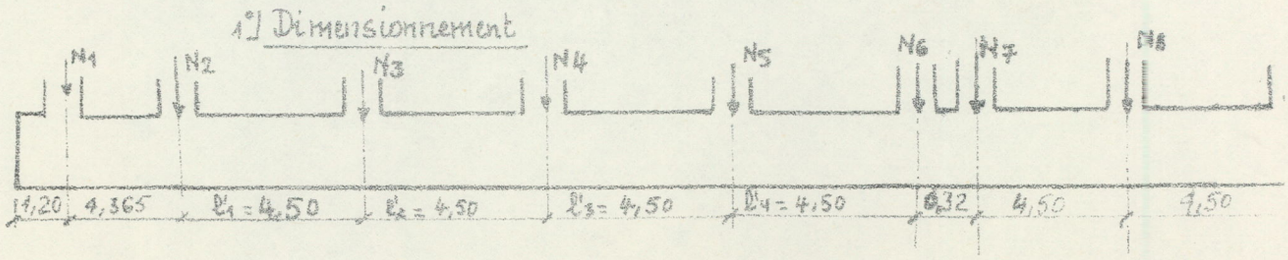
- Elles sont ancrées à 2,00m de profondeur

- On disposera au dessous des semelles une couche de béton de propreté de 10 cm.

* Le noyau sanitaire est formé de voiles périphériques, du plancher du RDC et des longrines qui relient les différentes fondations ; est une boite très rigide et par conséquent sous l'effet des charges horizontales, cette boite absorbe les moments dues à ces charges.

* Semelle filante Sous poteaux :

1°) Dimensionnement



Vu la symétrie ; on etudie la semelle filante sous 9 poteaux

$N_1 = 56,74\,t$; $N_2 = N_3 = N_4 = N_5 = N_6 = N_7 = N_8 = N_9 = 85,04\,t$

et on prend $h_t = \left(\frac{l}{6} \div \frac{l}{9}\right)$ pour avoir une semelle assez rigide ; où l : distance entre-axes des poteaux

$\Rightarrow$ $\boxed{h_t = 60\,cm}$

Longueur élastique : $l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{KB}}$ on prend $\begin{cases} B = 1,50\,m \\ K = 3 \end{cases}$

$\boxed{l_e = 303,17\,cm}$

$\frac{\pi}{2} l_e = 476,22 > 4,037$ $\Rightarrow$ Repartition linéaires des contraintes

$q_1 = \frac{N_1}{\frac{l'_1}{2} + l'} = 16,78\,t/ml$; $q_2 = \frac{N_2}{\frac{l'_1 + l'_3}{2}} = 21,44\,t/ml = q_3 = q_4 = q_5$; $q_{6,7} = \frac{N_6 + N_7}{\frac{l'_5 + l'_6}{2}} = 25,22\,t/ml$

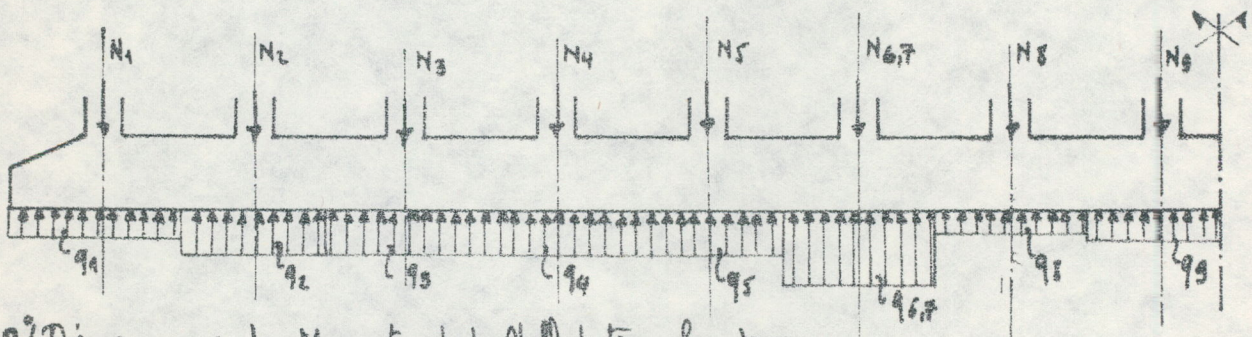
$q_8 = \frac{N_8}{\frac{l_6 + l_7}{2}} = 20,75\,t/ml$; $q_9 = \frac{N_8}{l' + \frac{l_7}{2}} = 21,12\,t/ml$

d'où $Q^{max} = 25,22\,t/ml$

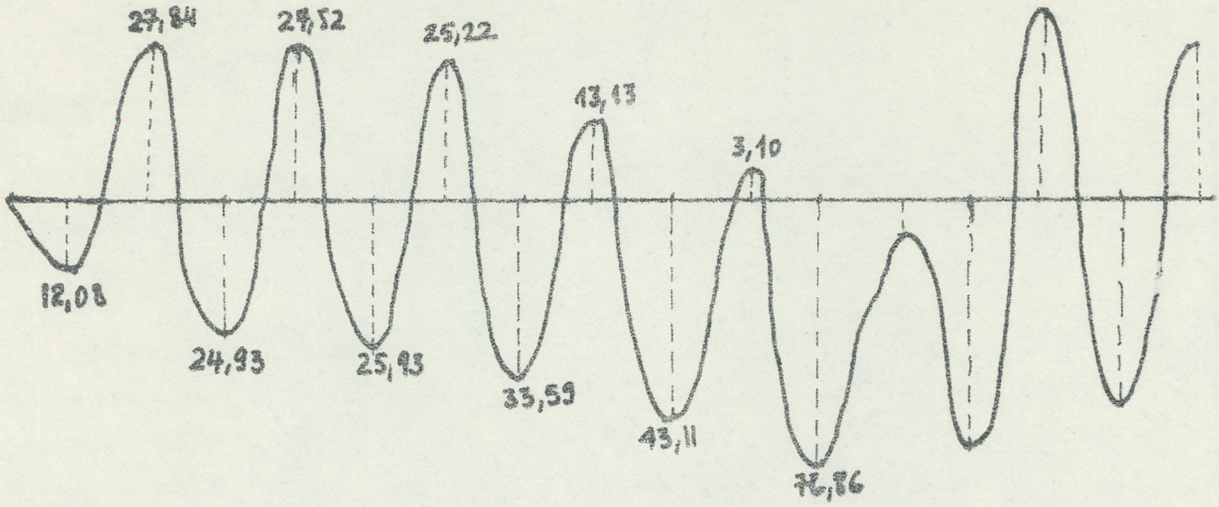
$\sigma = \frac{Q^{max}}{B} = \frac{25,22}{1,50} = 16,81\,t/m^2 < \bar{\sigma}_s = 20\,t/m^2$

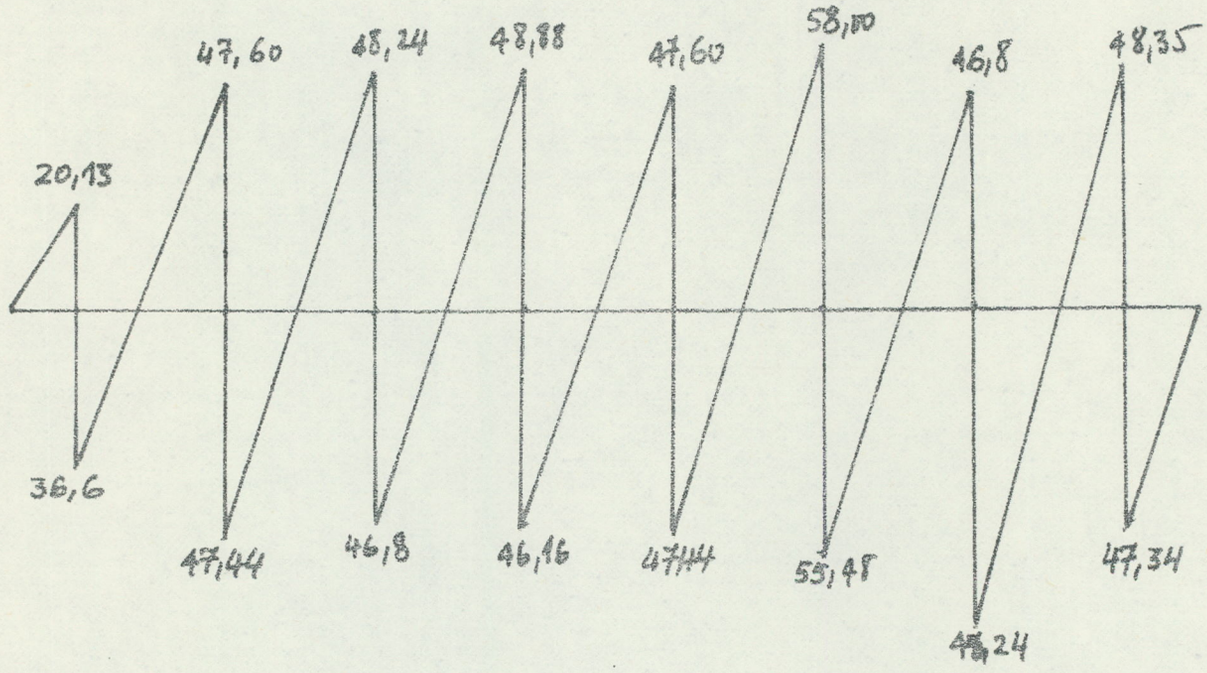
$Q'^{max} = Q^{max} + q_{sem} + Q_{terre} = 25,22 + 2,25 + 1,42 = 28,89\,t/ml$

$\sigma = \frac{Q'^{max}}{B} = \frac{28,89}{1,50} = 19,26\,t/m^2 < \bar{\sigma}_s = 20\,t/m^2$



2°) Diagrammes des Moments et de l'effort tranchant :


27,84
28,52
25,22
13,13
3,10
12,08
24,93
25,93
33,59
43,11
72,86


47,60
48,24
48,88
47,60
58,10
46,8
48,35
20,13
36,6
47,44
46,8
46,16
47144
55,48
47,34

3°/ Ferraillage:

* Sens longitudinal : $h_t = 60cm$; $h = 55cm$; $B = 1,50m$

- En travée : $M_t = 27,52 tm$:

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \beta} = 21,26 cm^2 \qquad \text{on adopte } A = 8HA20 = 25,13 cm^2$$

- Sur Appui $M_a = 76,86 cm^2$

$A = 59,01 cm^2$ on adopte $A = 2(4HA20) = 62,82 cm^2$

Vérifications des contraintes

$\bar{\sigma}'_{bo} = 82,6 \ kg/cm^2$

	I [cm⁴]	K	σ'_b (kg/cm²)	σ_a (kg/cm²)	σ_1 (kg/cm²)	σ_2 (kg/cm²)
En travée	1022922,39	2,65	69,51	1371,18	1721,92	10687,09
Sur Appui	1583890,92	4,85	114,03	2292,86	3542,15	10687,09

Armatures transversales:

$$\tau_b = \frac{T}{b\beta} = \frac{58 \times 10^3}{150 \times 48,125} = 8,03 kg/cm^2 < \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b$$

Calcul d'espacement: $t \leq \frac{A_t \cdot \beta \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T}$ avec $\bar{\sigma}_{at} = \gamma_{at} \cdot \bar{\sigma}_{en}$

$\gamma_{at} = \sup\left\{\frac{2}{3} ; \left(1 - \frac{\bar{\tau}_b}{9\bar{\sigma}_b}\right)\right\} = 0,85$ $\Rightarrow$ $\bar{\sigma}_{at} = 0,85 \times 2400 = 2040 kg/cm^2$

$A_t = 10\phi 10 = 7,85 cm^2$

$t \leq \frac{7,85 \times 2040 \times 7/8 \times 55}{48,32 \times 10^3} = 13,6 cm$

Espacement admissible:

$$\bar{t} = \max\left[0,2h ; \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}'_{bo}}\right)h\right] = \max\{11cm ; 36,5 cm\} = 36,5 cm$$

on prend $t = 10 cm < \bar{t} = 36,5 cm$.

Condition de non entraînement des barres:

$$\tau_j = \frac{T^{max}}{n_p \cdot \beta} = \frac{58 \cdot 10^3}{10 \cdot \pi \times 2 \cdot 48,125} = 19,18 kg/cm^2 < \bar{\tau}_j = \frac{3}{(Ms)} \bar{\sigma}_b = 3 \times 1,1 = 34,65 kg/cm^2$$

Vérification au poinçonnement [CCBA 68 : Art 39,54]

$$\frac{1,5Q}{p_c \, h_t} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b \iff 5,4 kg/cm^2 < 8,52 kg/cm^2 \quad \text{c'est vérifié}$$

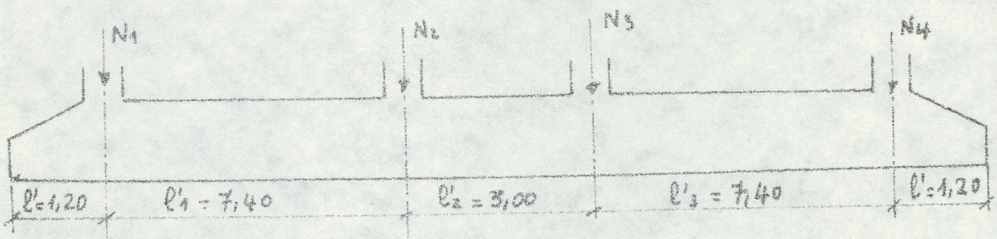
* Dans le sens transversal, elle agit comme une semelle rectangulaire sous poteaux. Soit la semelle delimitée par B et l (l: distance entre deux entre-axes)

on aura pour la longueur l :

$$B'_x = \frac{N(B-b)}{8h\,\bar{\sigma}_a} = \frac{113,47.10^3(150-70)}{8\times 55.\ 2800} = 7,37\,cm^2$$

On adopte $B'_x = 4HA16$

* <u>Semelle filante sous 4 poteaux :</u>

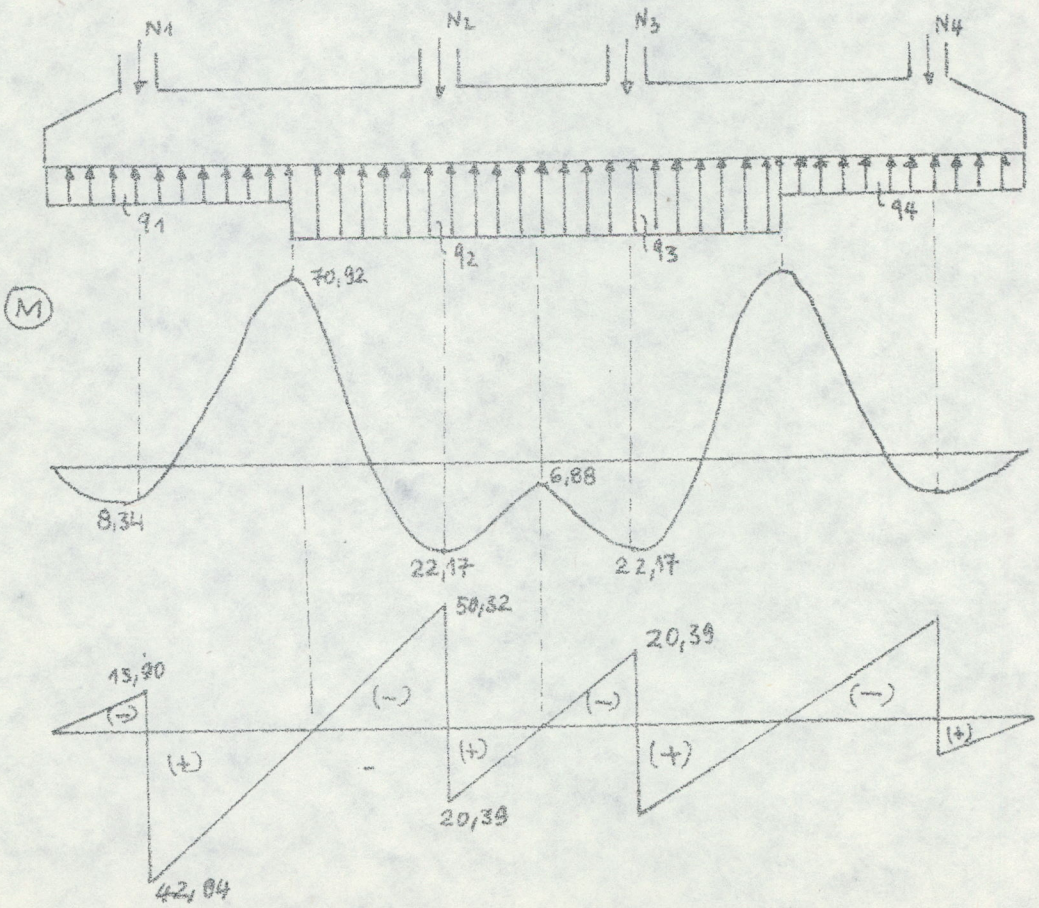


$N_1 = N_4 = 56,74t$; $N_2 = N_3 = 70,71t$.

On prend $h_t = 60cm$; $B = 1,50\,m$

$q_1 = q_4 = 11,58\,t/ml$; $q_2 = q_3 = 13,60\,t/mL$

Diagrammes des effets M et T



Ferraillage :

* Sens longitudinal : $h = 55cm$; $B = 150cm$

- En travée : $M_t = 70,32 tm$ $A = 54,82 cm^2$ on adopte $A = 18HA20 = 56,54 cm^2$

- Sur Appui : $M_a = 22,17 tm$ $A = 17,13 cm^2$ on adopte $A = 6HA20 = 18,84 cm^2$

Vérifications :

	$I [cm^4]$	$K = \frac{M}{I}$	$\sigma_b [kg/cm^2]$	$\sigma_a [kg/cm^2]$	$\sigma_1 [kg/cm^2]$	$\sigma_2 [kg/cm^2]$
En travée	1584327,23	4,48	115,71	1957,28	3284,98	10687,09
Sur Appui	1103809,16	2,01	51,92	878,22	1339,02	10687,09

- Armatures transversales

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{50,32 \cdot 10^3}{150 \times 48,125} = 6,97 kg/cm^2 < \bar{\tau}_b \qquad \bar{\sigma}_{at} = 2138,4 kg/cm^2$$

$$t \leq \frac{4,71 \times 2138,4 \times 48,125}{50,32\ 10^3} = 9,63 cm \quad \text{on prend } t = 10cm.$$

- Condition de non entrainement des barres

$$\tau_d = \frac{T_{max}}{n p z} = 27,74 kg/cm^2 < \bar{\tau}_d = 31,95 kg/cm^2$$

- Vérification au poinçonnement $\quad 1,2\bar{\sigma}_b \geq \frac{1,5Q}{p_e h_t} = 4,02 kg/cm^2$

C'est vérifié

* Sens transversal :

$$B'x = \frac{Q(B-b)}{8h.\bar{\sigma}_a} = \frac{70,71 \cdot 10^3 (150-70)}{8 \times 55 \times 2800} = 4,60 cm^2 \quad \text{on adopte } 4HA14 = 6,16 cm^2$$

CALCUL DES TASSEMENTS

Le calcul des tassement sera calculé à partir des courbes oedométriques

I°/ Semelle filante sous 6 poteaux :

$\sigma_0' = \sum \gamma_i h_i = 2,034 \times (2,5 - 0,6] = 3,86 \text{ t/m}^2 = 0,386 \text{ kg/cm}^2$

$\Delta\sigma_z = kq$ où $k = f(m = \frac{B}{Z}, n = \frac{L}{Z}) = 0,21$

$\sigma = \frac{q^{max}}{B} = 14,08 \text{ t/m}^2 = 1,41 \text{ kg/cm}^2 = q.$

$\Delta\sigma_z = 0,21 \times 1,41 = 0,312 \text{ kg/cm}^2.$

$\sigma_f' = \sigma_0' + \Delta\sigma_z = 0,386 + 0,312 = 0,698 \text{ kg/cm}^2.$

$\sigma_0' = 0,386 \text{ kg/cm}^2$ D'après le graphe : $e_0 = 0,609$

$\sigma_f' = 0,698 \text{ kg/cm}^2$ D'après le graphe : $e_f = 0,598$

alors $\Delta H_1 = \frac{\Delta e}{1+e_0} . H = \frac{0,011}{1,609} \times 240 = \underline{1,64 \text{ cm}}$

II°/ Semelle filante sous 2 poteaux :

$\Delta\sigma_z = kq$ où $k = f(m = 1,79, n = 4,29) = 0,234$

$\sigma = \frac{q^{max}}{B} = q = 15,88 \text{ t/m}^2 = 1,59 \text{ kg/cm}^2.$

$\Delta\sigma_z = 0,234 \times 1,59 = 0,372 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_f' = \sigma_0' + \Delta\sigma_z = 0,386 + 0,372 = 0,758 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_0' = 0,386 \text{ kg/cm}^2$ D'après le graphe : $e_0 = 0,609$

$\sigma_f' = 0,758 \text{ kg/cm}^2$ D'après le graphe : $e_f = 0,596$

$\Delta H_2 = \frac{\Delta e}{1+e_0} . H = \frac{0,013}{1,609} . 240 = \underline{1,93 \text{ cm}}$

Tassement différentiel : $\Delta H = \Delta H_2 - \Delta H_1 = 0,29 \text{ cm}.$

Tassement différentiel admissible : $\overline{\Delta H} = \frac{L}{1000} = \frac{740}{1000} = 0,74 \text{ cm}$

C'est vérifié

VOILE PÉRIPHERIQUE

[RPA81 Art 33.8.5] : Le voile périphérique reprend les efforts sismiques et assure une grande Stabilité à l'ensemble de l'ouvrage

Epaisseur du voile $e = 30$ cm et sa hauteur : $h = 1,80$ m

Ferraillage :

*Armatures longitudinales filantes supérieures et inférieures :

$A \geq 0,2\% \cdot S_t$ avec $S_t = h \cdot e = 180 \times 30 = 5400\ cm^2 \Rightarrow A \geq \frac{0,2 \times 5400}{100} = 10,8\ cm^2$

On adopte $A = 4T20 = 12,56\ cm^2$

*Armatures longitudinales de peau

$A \geq 2\ cm^2$ par face et par mètre linéaire de hauteur

Soit $A = 4T12 = 4,52\ cm^2/ml$ et par face

CALCUL DES LONGRINES

Les longrines seront calculées conformément à l'article 4233 (RPA81)

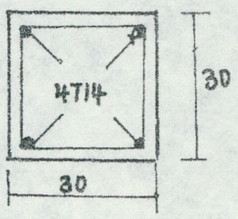
Section du coffrage : 30x30 cm.

Elles doivent être calculées pour resister à la traction sous l'action d'une face égale à $N = \frac{N^{max}}{10}$ où N^{max} : effort axial du poteau = 119,1t

Ferrailloge :

$$A_l \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{11,91\ 10^3}{2800} = 4,25\ cm^2$$

On prend $A_l = 4T14 = (6,16\ cm^2)$ avec un cadre $\phi 8$ dont l'espacement $t = 15$cm



- Condition de non fragilité

$A \geq 0,69 \times 30 \times 27 \times \frac{7,1}{2800} = 1,42\ cm^2$ - C'est vérifiée -

CALCUL des [illegible]

Inertie équivalente des voiles longitudinaux (voiles avec ouvertures)

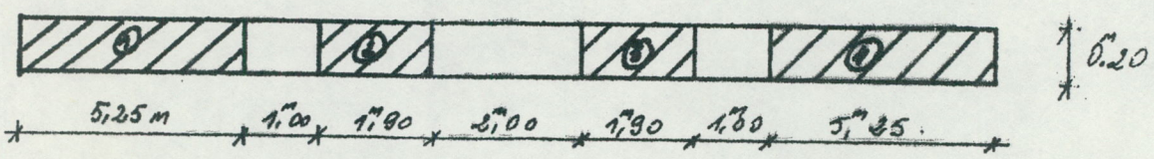
L'inertie des voiles avec ouverture se calcul par la méthode de la théorie des inerties équivalentes. exposée dans MARIUS DIVER.

Dans notre cas on dispose de 3 types de refends :

- Refends avec trois files d'ouvertures
- " " deux " "
- " " une file d'ouvertures.

on donnera cependant un seul exemple de calcul, les résultats des différents refends figurent dans les tableaux ci-après

* Refend transversal à trois ouvertures (Niveaux : 1, 2 et 2DC).



hauteur des ouvertures : 2,10.

$a_1 = a_3 = 0,6m$; $a_2 = 1m$; $c_1 = c_3 = 2,28m$; $c_2 = 1,95m$.

$I_i = \frac{b \cdot h^3}{12}$

$I_1 = I_4 = \frac{0,2 \times 5,35^3}{12} = 2,412\ m^4$ $\quad I_2 = I_3 = \frac{0,2 \times 1,9^3}{12} = 0,114\ m^4$.

D'où $\Sigma I_i = 5,053\ m^4$.

$i_1 = i_2 = i_3 = \frac{0,8 \times 1,7^3}{12} = 0,082\ m^4$

$I = \Sigma I_i + \Sigma l_i d_i^2$

avec $d_i = X_G - X_i$

$X_G = \frac{\Sigma S_i X_i}{\Sigma S_i} \longrightarrow X_G = 9,15m$.

X_G : Coordonnée du C.D.G du refend /à 0
X_i : " " " de chq trumeau /à 0
l_i : longueur du trumeau i

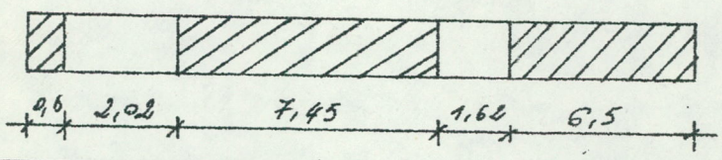
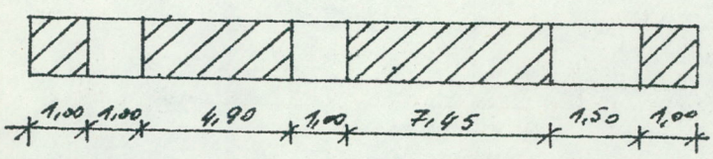
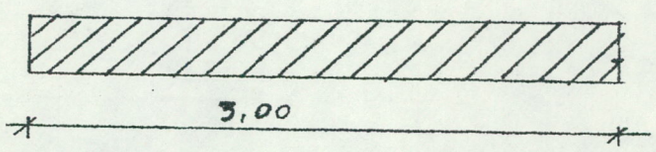
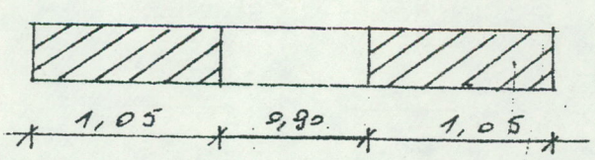
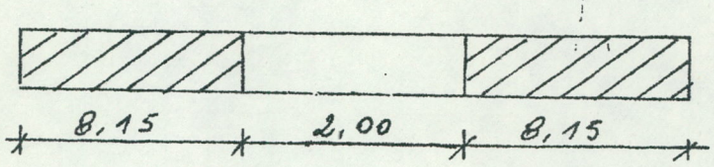
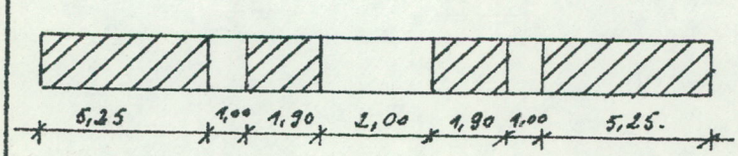
$I = 97,352\ m^4$.

$$\omega^2 = \frac{6}{\sum I_i h_e}\left[\frac{I_1 C_1^2}{a_1^3} + \frac{I_2 C_2^2}{a_2^3} + \frac{I_3 C_3^2}{a_3^3}\right] \longrightarrow \omega^2 = 1{,}171\ m^{-1}$$

$q = \omega z = 1{,}082 \times 14{,}6 = 15{,}796$

$\omega_0 = 0{,}66$ (abaque B236 Mathias Divan).

$$I_e = \frac{\alpha_n I}{\frac{60}{11} \times \frac{I}{\sum I_i} \frac{\psi_0}{q^2} + 1} = 91{,}412\ m^4.$$

Sens	Niveaux	Dimensions et types de voiles	I_{m^4}	$I_{e\ m^4}$	Masse (t)
Longitudinaux	3		74,38	70,57	23,28
	1 2 R.D.C		67,81	75,95	27,27
Transversaux.	3		0,45	0,45	4,80
			0,44	0,52	3,36
	2 1 et R.D.C		102,01	90,68	30,97
			97,35	91,41	27,17

CALCUL DU CENTRE DE MASSE et DU CENTRE de TORSION.

1. Centre de Masse.

NIV	$\Sigma M_i X_i$ t.m	ΣM_i (t)	X_G (m)
4	523,635	56,228	9,313
3	4513,585	403,242	11,154
2 et 1	6010,814	532,514	11,288

2. Centre De Torsion.

NIV	I_{xi} (m^4)	$I_{xi} X_i$ m^5	X_T (m)
4	0,486	5,123	10,542
3	91,560	1008,307	11,013
2 et 1	182,088	2005,302	11,013

3. Calcul des excentricités

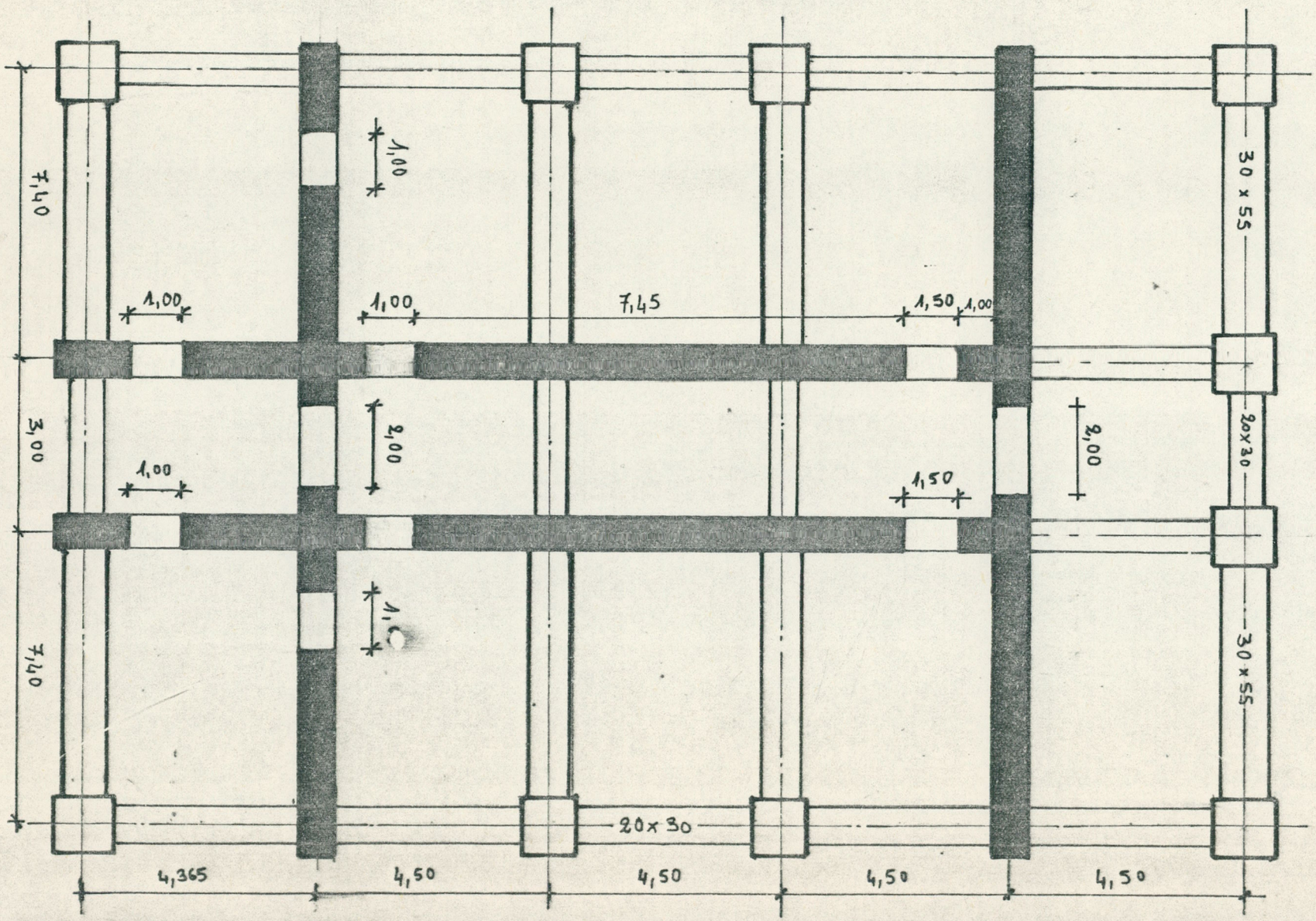
NIV	X_G (m)	X_T (m)	e_x (m)	e_y (m)
4	9,313	10,542	1,235	0
3	11,154	11,013	0,141	0
2 et 1	11,288	11,013	0,275	0

4. Excentricité accidentelle

d'Après R.P.A. elle est égale à 5% de la plus grande dimension en plan du batiment. ⟶ $e_a = 1,13$ m

NIV	e_x (m)	e_y (m)
4	1,235	1,130
3 et 2 et 1	1,130	1,130

CONCEPTION en VOILE



BIBLIOGRAPHIE

Règles techniques CCBA 68

Règles parasismiques Algériennes 81 (RPA 81)

Calcul et Vérification des ouvrages en BA. (P. CHARON)

Conception et calcul des structures soumises aux séismes

Dynamique des Structures et Sismologie de l'Ingénieur

Traité du BA (tomes II et IV) A. GUERRIN

Cours de BA (tome III) Belazougui

Aide mémoire du Beton armé (DUNOD)

Cours pratique de mécanique des sols G. SANGLERAT

Calcul des tours en Béton armé M. DIVERS